Metingen aan ultrafijn stof rondom Schiphol

Weijers, E.P. **(ECN)**
Kos, G.P.A. **(ECN)**
Blom, M.J. **(ECN)**
Laer, van. J. **(VITO)**
Berghmans, P. **(VITO)**
Moerman, M. **(TNO)**
Keuken, M.P. **(TNO)**
Fokkens, P.H. **(RIVM)**
Wesseling, J.P. **(RIVM)**
Bezemer, A. **(RIVM)**

Juli 2015
ECN-E--15-038



Verantwoording

Dit project is door ECN uitgevoerd onder projectnummer 5.3652. De studie is gedaan in opdracht van het RIVM (contactpersoon A. Bezemer) en in samenwerking met VITO (P. Berghmans) en TNO (M.P. Keuken). Dank is verschuldigd aan de Provincie Noord-Holland voor het beschikbaar stellen van twee van haar meetstations (NH1 Hoofddorp, Polderbaan Zuid en NH2 Oude Meer) en de GGD Amsterdam voor de (logistieke) ondersteuning ter plaatse.

Inhoudsopgave

Samenvatting

Op verzoek van het RIVM (en in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu) is een oriënterend onderzoek uitgevoerd naar de concentraties van ultrafijn stof (UFP) in de omgeving van Schiphol. ECN heeft deze verkennende metingen gecoördineerd. Aan de meetcampagne hebben TNO, VITO en RIVM meegewerkt. Gemeten is op een tiental locaties rondom Schiphol met verschillende instrumenten. Om een goede vergelijking mogelijk te maken is vooraf een meting gedaan met alle instrumenten op één locatie. De metingen zelf vonden vervolgens in 2 fases plaats. Fase 1 waren oriënterende metingen om vast te stellen welke concentratieniveaus rondom Schiphol voorkomen en hoe de ruimtelijke verdeling grofweg is. Met behulp van, onder andere, deze informatie, zijn locaties gekozen waar vervolgens gedurende 4-6 weken aantallen en gemiddelde groottes van UFP-deeltjes zijn gemeten.

In het voorliggende rapport wordt de opzet van de meetcampagne in technische en praktische zin toegelicht. Daarna worden resultaten beschreven aan de hand van tijdreeksen en concentratiewindrozen van deeltjesaantallen en -grootteverdelingen op de verschillende meetlocaties. Voor een diepgaande interpretatie van de meetgegevens en beschrijving van de resultaten wordt verwezen naar de (overkoepelende) RIVM rapportage.

1 Inleiding

Naar aanleiding van Kamervragen heeft de Staatssecretaris van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu toegezegd om voor de zomer de Kamer nader te informeren over mogelijke gezondheidsrisico's als gevolg van blootstelling aan concentraties ultrafijn stof (UFP) in de omgeving van Schiphol. Om uitvoering te kunnen geven aan deze toezegging heeft het ministerie van IenM het RIVM gevraagd een onderzoek uit te voeren o.a. omvattende *" … verkennende metingen van ultrafijn stof gericht op het verkrijgen van meer inzicht in zowel de absolute niveaus van ultrafijn stof in de omgeving van Schiphol, als in de variatie daarvan in ruimte en tijd."*

Op verzoek van het RIVM heeft ECN de verkennende metingen gecoördineerd. Aan de meetcampagne hebben TNO, VITO en RIVM meegewerkt. Op een tiental locaties in de nabije omgeving van Schiphol is UFP gemeten, in het bijzonder de aantallen (ultrafijne) deeltjes en bijbehorende grootteverdelingen.

In het voorliggende rapport wordt de verkregen data gepresenteerd en de kwaliteit hiervan beoordeeld[1]. Beschreven wordt:

- Meetopzet, apparatuur, locaties, periodes en vergelijkingsmeting.
- Tijdreeksen van deeltjesaantallen en -grootteverdelingen op de verschillende meetlocaties in de vorm van grafieken en tabellen.

De onderliggende meetdata en ijkingen zijn digitaal aan het RIVM gerapporteerd.

[1] TNO heeft een eigen rapportage opgesteld m.b.t. haar metingen. De resultaten hiervan maken integraal onderdeel uit van het gehele meetprogramma maar worden hier alleen besproken indien relevant.

2

Experimentele opzet

2.1 Fasering

Om de vergelijkbaarheid van de gebruikte apparatuur vast te stellen is vooraf een vergelijkingsmeting gedaan. Deze 'kwaliteitscontrole' vond plaats op 1 april 2015. Het resultaat hiervan staat beschreven in Paragraaf 3.1.

De meetperiode in zijn geheel duurde twee maanden (10 april – 11 juni 2015). De metingen vonden gefaseerd plaats:

<u>Fase 1</u>
Gedurende 11 dagen (april 2015) zijn nabij Schiphol metingen uitgevoerd met twee *mobiele* opstellingen. Dit gebeurde:

1. naast een start-/landingsbaan (Polderbaan) waarbij variaties in gemeten concentraties zijn gekoppeld aan vliegbewegingen, en
2. op wisselende posities (afhankelijk van de windrichting) zodat een (globaal) beeld van de bijdrage van het vliegverkeer aan UFP wordt verkregen.

De bevindingen van deze 'mobiele' campagne zijn beschreven in Paragrafen 3.2 en 3.3.

<u>Fase 2</u>
Om een zo goed mogelijk beeld rondom Schiphol te krijgen zijn metingen op *vaste* locaties uitgevoerd gedurende een periode van ongeveer één maand. Deze locaties zijn in overleg met RIVM bepaald. Dit geeft een beeld van de temporele en spatiële variatie van UFP (Paragraaf 3.4).

De metingen zijn uitgevoerd met 'wetenschappelijke' instrumenten (zie Paragraaf 2.3). Aanvullend is op een vijftal plaatsen met eenvoudige (hand)apparatuur gemeten op grotere afstand van Schiphol. De uitkomsten hiervan geven een indicatie van UFP-niveaus op meer bewoonde plaatsen op grotere afstand van de luchthaven.

2.2 Meetlocaties

De verdeling van de meetstations in Fase 2 over de regio Schiphol is te zien in onderstaande Figuur 1. De coördinaten per station zijn te vinden in Tabel 1. In totaal is in Fase 2 op 10 plaatsen gemeten.



Figuur 1: Locaties van de vaste meetstations (Fase 2) in de regio Schiphol

Tabel 1: Coördinaten meetstations. NH1 en NH2 zijn meetstations van de provincie Noord-Holland

Locatie	X	Y
Polderbaan (NH1)	52°19'39.09"N	4°42'53.79"E
Nieuwe Meer/Schiphol Noord	52°21'15.45"N	4°41'15.00"E
Amsterdamse Bos	52°17'1.70"N	4°44'31.93"E
Oude Meer (NH2)	52°16'47.44"N	4°46'14.24"E
Spaarnwoude	52°23'54.52"N	4°43'42.81"E
Vijfhuizen	52°21'15.45"N	4°41'15.00"E
Hoofddorp	52°18'19.63"N	4°40'44.53"E
Rozenburg/Schiphol Zuid	52°16'47.44"N	4°44'31.93"E

Locatie	X	Y
Amstelveen	52°17'8.96"N	4°49'32.84"E
Badhoevedorp	52°20'10.63"N	4°46'23.55"E

2.3 Meetapparatuur

In totaal zijn 18 instrumenten gebruikt in de campagnes. Vier instrumenten (SMPS, UFP, CPC en EPC) worden als 'wetenschappelijk' aangemerkt. De rest bestaat uit zogenaamde 'handheld' apparatuur. Elk instrument (behalve MAAP) meet aantallen deeltjes (per cm^3). Veertien van de instrumenten geven informatie over de deeltjesgrootte en/of dominante diameter.

Enkele technische eigenschappen per instrument zijn te vinden in onderstaande Tabel 2. Begin- en einddatum evenals datadekking in Tabel 3 en verdeling van de instrumenten over de stations in Tabel 4.

Tabel 2: Technische specificaties per instrument

Instrument	Ondergrens (nm)	Bovengrens (nm)	Aantal kanalen	Modus/ mediaan
SMPS TSI (ECN)	8	300	32	ja
SMPS GRIMM (ECN)	10	1100	45	ja
SMPS TSI (TNO)	10	500	108	ja
UFP-3031 (VITO)	20	200	5	nee
EPC-3783 (ECN en VITO)	7	Geen	n.v.t.	nee
CPC-3775 (TNO)	4	Geen	n.v.t.	nee
CPC-3022 (ECN)	10	Geen	n.v.t.	nee
MiniDISC (RIVM en VITO)	10	Geen	n.v.t.	ja
Aerasense (RIVM en VITO)	10 (*)	10	n.v.t.	ja
MAAP (ECN en TNO)	meet zwarting	< ~10 µm	n.v.t.	nee

*ondergrens minder nauwkeurig

Tabel 3: De datadekking per instrument en per locatie is te vinden in onderstaande tabel

Fase 2		instrument	start	eind	aantal uren	dekking
Polderbaan Zuid (NH1)	VITO	**UFP-3031**	30-Apr	11-Jun	989	98%
Polderbaan Zuid (NH1)	VITO	**EPC-3783**	30-Apr	11-Jun	1005	99,8%
Oude Meer (NH2)	ECN	**SMPS-TSI**	7-May	8-Jun	725	97%
Nieuwe Meer /Schiphol Noord	ECN	**SMPS GRIMM**	30-Apr	8-Jun	935	100%
Nieuwe Meer /Schiphol Noord	ECN	**EPC-3783**	30-Apr	8-Jun	885	95%
Nieuwe Meer /Schiphol Noord	ECN	**MAAP**	30-Apr	8-Jun	915	98%
Amsterdamse Bos	TNO	**SMPS**	28-Apr	28-May	427	61%
Amsterdamse Bos	TNO	**CPC-3775**	28-Apr	28-May	696	100%
Amsterdamse Bos	TNO	**MAAP**	28-Apr	28-May	696	100%
Spaarnwoude	ECN	**CPC-3022** (extra)	21-May	8-Jun	408	100%
Spaarnwoude	VITO/ ECN	MiniDISC	7-May	8-Jun	507	68%
Amstelveen	RIVM	MiniDISC	13-Apr	11-May	707	100%
Hoofddorp	RIVM	MiniDISC	13-Apr	31-May	1146	100%
Vijfhuizen	RIVM	MiniDISC	4-May	31-May	651	100%
Badhoevedorp	RIVM	Aerasense	13-Apr	2-Jun	1192	100%
Rozenburg/Schiphol Zuid	VITO/ ECN	Aerasense	12-May	5-Jun	290	50%

Tabel 4: De verdeling van apparatuur over de verschillende meetstations is te vinden in onderstaande tabel

Apparatuur	aantal	Locaties			
SMPS/UFP (aantal/diam)	4	Nieuwe Meer/ Schiphol Noord (ECN)	Oude Meer NH2 (ECN)	Amsterdamse Bos (TNO)	Polderbaan Zuid NH1 (VITO)
CPC/EPC (aantal)	4	Nieuwe Meer/ Schiphol Noord (ECN)	Spaarnwoude (ECN)	Amsterdamse Bos (TNO)	Polderbaan Zuid NH1 (VITO)
miniDISCs (aantal/diam)	5	Amstelveen (RIVM)	Hoofddorp (RIVM)	Vijfhuizen/ Schiphol West (RIVM)	Spaarnwoude (VITO) 2x
Aerasense (aantal/diam)	2	Rozenburg/ Schiphol Zuid (VITO)	Badhoevedorp (RIVM)		
MAAP (BC)	2	Nieuwe Meer/ Schiphol Noord (ECN)	Amsterdamse Bos (TNO)		

2.4 Beschrijving meetmethoden

De SMPS – Scanning Mobility Particle Sizer – maakt gebruik van een (aangelegde) elektrische lading op aerosol en de grootteafhankelijke traagheid van het aerosol om de diverse grootteklassen te onderscheiden. In een cilinder, waar het aerosol door stroomt, is een centrale staaf bevestigd waarop spanning wordt gevarieerd en deeltjes met verschillende grootte worden zo, afhankelijk van grootte en aangelegde spanning, gesorteerd. Het proces duurt afhankelijk van type SMPS 1 tot 10 minuten. De lading op de deeltjes/aerosol wordt aangebracht met behulp van een radioactieve bron (ioniserende straling). De doorgelaten deeltjes worden met een absolute meetmethode geteld. Ieder deeltje wordt in een druppeltje omgezet en met behulp van een laserstraal gedetecteerd. Het deeltjesspectrum wordt vervolgens berekend, rekening houdend met het percentage van een deeltjesgrootte dat de juiste eenheidslading heeft. Die ladingstoestand is bij voldoende bronsterkte altijd dezelfde.

De UFP-3031 werkt vrijwel op dezelfde wijze als de SMPS, echter met het verschil dat het aanbrengen van de lading niet met een radioactieve bron gebeurt maar met een coronaontlading (in een aparte luchtstroom die met de aerosolstroom gemengd wordt voordat het scheidingsproces naar grootte plaatsvindt). De doorgesluisde deeltjes worden anders dan bij de SMPS niet met lichtpulsen geteld maar met een elektrometer waar het aerosol op neerslaat. De mate van stroom (in femto-Ampères) geeft aan hoeveel deeltjes er zouden zijn geweest. De grootte die op een tijdstip in het meetproces neerslaat is weer afhankelijk van de dan aangelegde spanning op de centrale staaf in de cilinder. De scan van een heel spectrum duurt 10 min.

De MiniDISC's en Aerasense's werken in feite als de hierboven beschreven UFP-3031 maar met het verschil dat ze veel compacter gebouwd zijn en geen voormengkamer hebben. De ionisatie met de coronaontlading gebeurt in de deeltjesstroom in plaats van in een aparte luchtstroom. Dit beïnvloedt het meetproces nadelig zodat er minder meetnauwkeurigheid is. De Aerasense neemt daarbij het aerosol in zonder voorafscheiding waardoor er eerder vervuiling van het meetsysteem en elektrometer plaatsvindt. Verder wordt er bij het meetproces geen scheiding van het aerosol naar grootte gemaakt, maar komen alle deeltjesgroottes tegelijk naar de elektrometer. Voor zover de verschillende deeltjes niet tegelijk op de elektrometer vallen kan de grootte vastgesteld worden. Het spreekt voor zich dat bij grote aantallen coïncidentie kan plaatsvinden met een foutieve bepaling van de grootte van neergeslagen deeltjes tot gevolg.

Bovenstaande apparaten zijn eigenlijk bedoeld om korte arbeidsinspecties uit te voeren ter bepaling van de blootstelling aan UFP-deeltjes. Er kon wel een mediane diameter vastgesteld worden met deze instrumenten.

De EPC’s en CPC’s zijn totaaldeeltjestellers die alle zwevende deeltjes boven een bepaalde diameter kunnen tellen doordat er in een hoog verzadigde atmosfeer eerst druppeltjes van gemaakt worden. Deze druppeltjes worden apart geteld met een lasertje, een optisch systeem en een lichtgevoelige cel die van iedere lichtflits een spanningspuls maakt. Deze meetmethode is vrijwel absoluut tot het niveau waarop de deeltjes niet meer apart geteld kunnen worden. In plaats daarvan wordt de totale lichtverstrooiing gemeten en gekoppeld aan een aantal dat vastgesteld is met kalibratietechnieken.

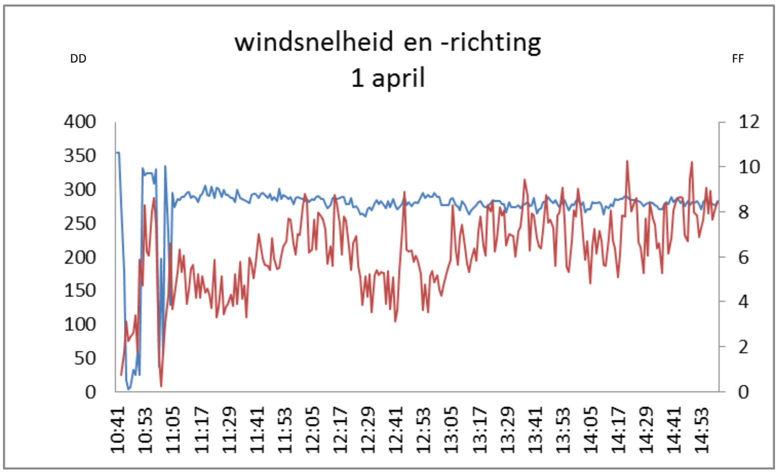
De MAAP tenslotte is een instrument dat de zwarte bestanddelen van het aerosol kan aangeven in $\mu g/m^3$. De doorval en reflectie van licht van een filterband wordt gedetecteerd en via algoritmes wordt aan de zwarting van het filtermateriaal de massaconcentratie 'roet' vastgesteld. Bij veel belading wordt de band automatisch doorgeschakeld omdat de toenemende zwarting het meetproces moeilijker maakt.

3

Resultaten

3.1 Vergelijkingsmeting

Vooraf zijn alle instrumenten vergeleken op 1 april tussen 10 tot 15 uur. De windsnelheid en -richting op die dag zijn afgebeeld in Figuur 2. Gedurende het grootste deel van de dag is de windrichting tussen de 270° en 290°. De windsnelheid bedroeg die dag gemiddeld 6,2 m/s.



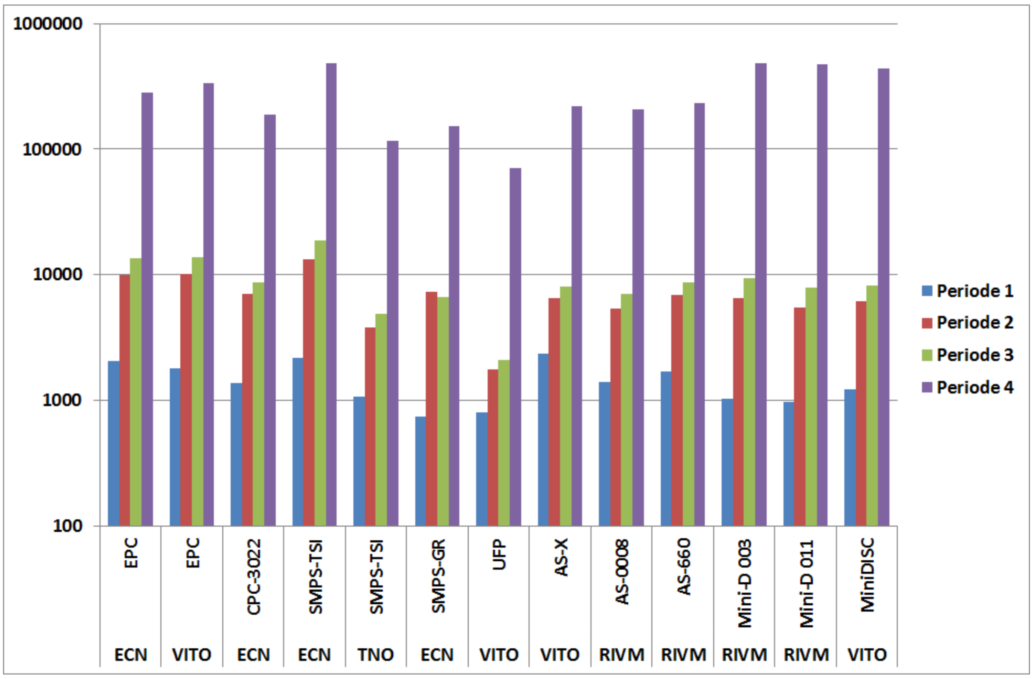
Figuur 2: Windsnelheid (FF; rood) en –richting (DD; blauw) tijdens de vergelijkingsmeting op 1 april

Er zijn vier periodes te onderscheiden. De meetdag startte met relatief schone, rurale lucht met slechts enkele duizenden deeltjes per cm^3 (Periode 1), daarna liepen de waarden op naar normale urbane waarden van enkele tienduizenden per cm^3. Hierin vielen twee periodes te onderscheiden: één met relatief lagere aantallen (Periode 2) gevolgd door één met gemiddeld genomen hogere aantallen (Periode 3). In de loop van de middag werd de Polderbaan in gebruik genomen en kwamen vliegtuigpluimen (op een afstand van ca. 100 m gegenereerd) voorbij, die aanleiding gaven tot hoge aantallen UFP (Periode 4). Er waren toen steeds meerdere vliegtuigen op de zuidkop

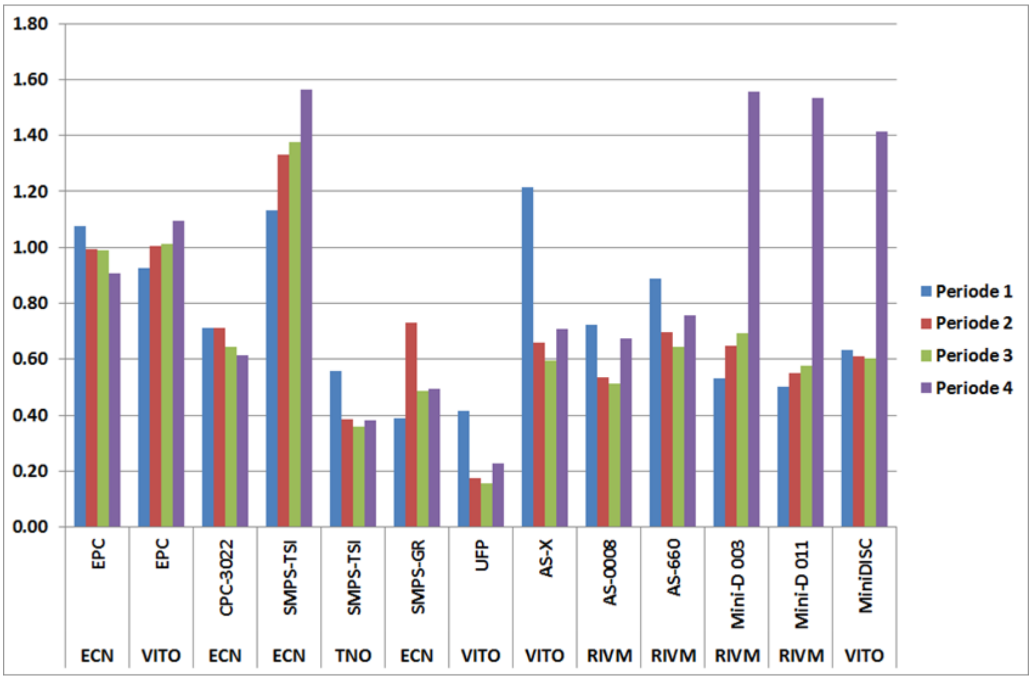
van de Polderbaan, enkele wachtend - met draaiende motoren - en af en toe startend waarbij de motoren op vol vermogen draaiden.

De aantallenconcentraties zoals gemeten tijdens de vier periodes door alle instrumenten zijn afgebeeld in Figuur 3. De verhouding van de gemeten totalen na normering op het gemiddelde van de twee EPC's (van ECN en VITO) is afgebeeld in Figuur 4.

De uit het vergelijkingsonderzoek resulterende correctiealgoritmes zijn per instrument opgesomd in Tabel 5. Deze zijn een functie van de aantallenconcentratie (aangeduid met de variabele x). Het resultaat na toepassing van de algoritmes is te zien in Figuren 5 (concentraties) en Figuur 6 (verhoudingsfactoren).



Figuur 3: Aantallenconcentraties per periode zoals gemeten door alle instrumenten op de locatie Polderbaan Zuid (NH1) (cm^{-3})

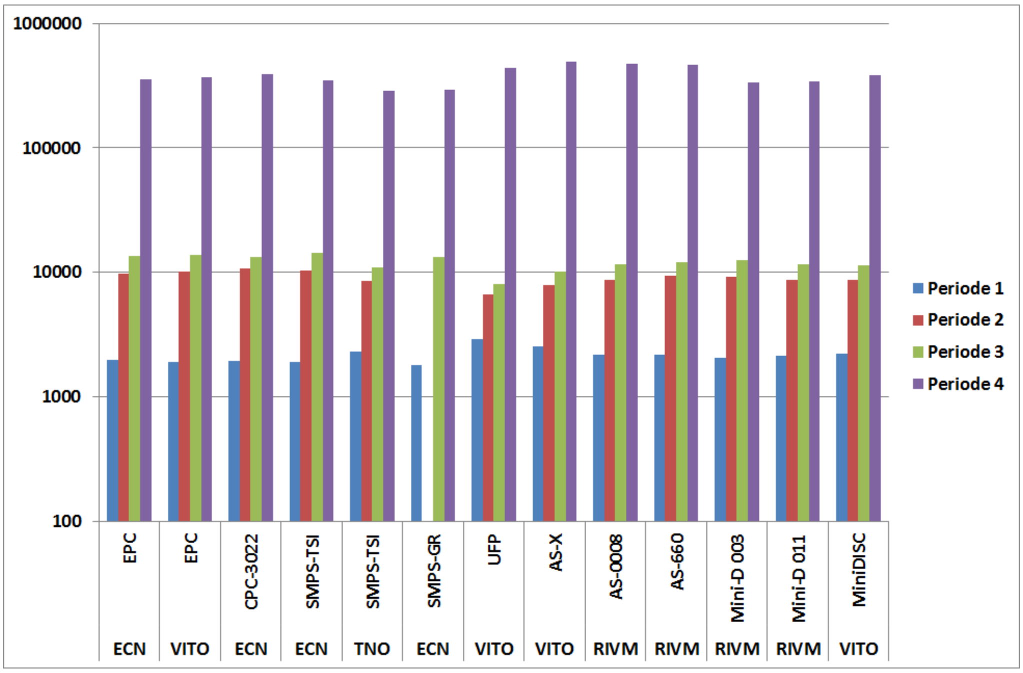


Figuur 4: Verhoudingsfactoren genormeerd op de gemiddelde EPC-waarden (ECN en VITO instrumenten)

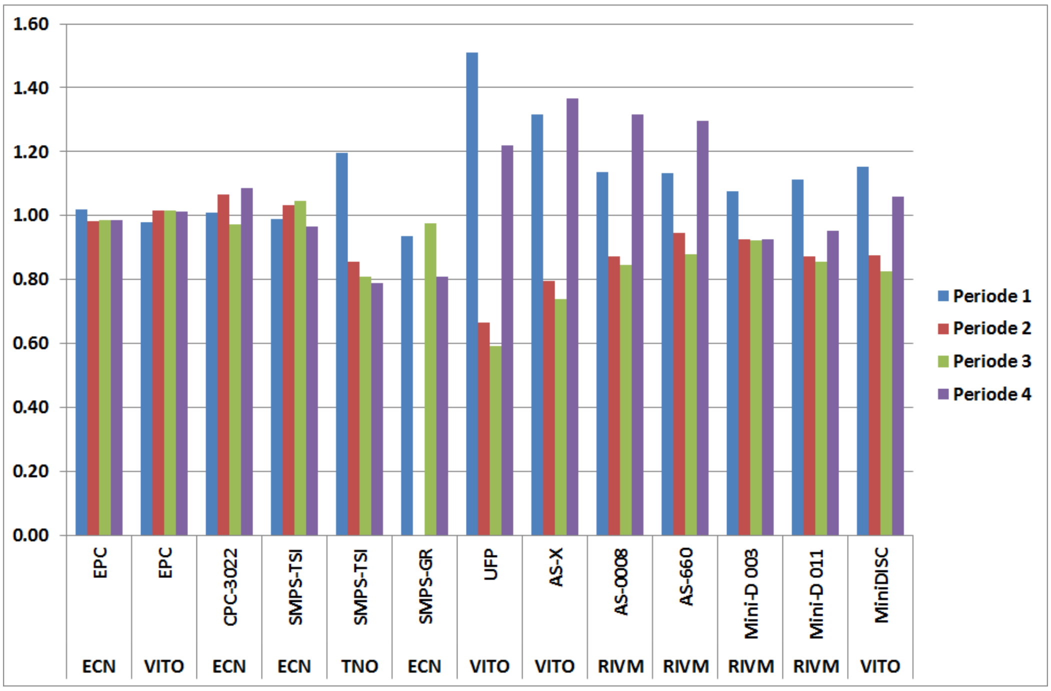
Tabel 5: Ingezette apparatuur tijdens de vergelijkingsmetingen op 1 april 2015 nabij de Polderbaan

Eigenaar	Apparaat	Algoritme	R^2
ECN	**EPC**	$y = 0.77699x^{1.02624}$	0.999
VITO	**EPC**	$y = 1.27363x^{0.97517}$	0.999
ECN	**CPC-3022**	$y = 1.09631x^{1.03551}$	0.996
ECN	**SMPS-TSI**	$y = 1.19348x^{0.98411}$	0.997
TNO	**SMPS**	$y = 1.75243x^{1.02913}$	0.975
ECN	**SMPS-GRIMM**	$y = 4.13447x^{0.91833}$	0.972
VITO	**UFP-3031**	$y = 2.57405x^{1.05157}$	0.894
VITO	**AS-X**	$y = 0.46209x^{1.10952}$	0.978
RIVM	**AS-0008**	$y = 1.26640x^{1.02976}$	0.988
RIVM	**AS-660**	$y = 0.92545x^{1.04313}$	0.990
RIVM	**Mini-D 003**	$y = 7.31653x^{0.81429}$	0.995
RIVM	**Mini-D 011**	$y= 8.28966x^{0.80843}$	0.992
VITO	**MiniDISC**	$y = 5.10571x^{0.85471}$	0.990

Hoewel de determinatiecoëfficiënt zeer hoog lijkt, is dat vooral het gevolg van het grote verschil in deeltjesconcentratie in het begin en aan het eind van de metingen.



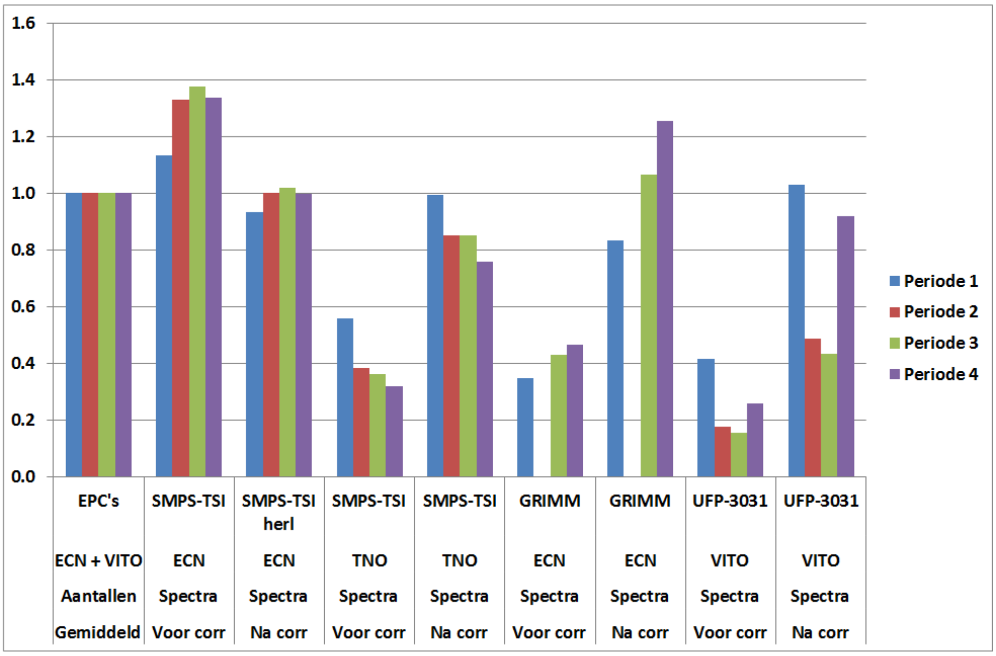
Figuur 5: Aantallenconcentraties na toepassing van de correctiealgoritmes (cm^{-3})



Figuur 6: Verhoudingsfactoren na toepassing van de correctiealgoritmes

Na corrigeren met een eenvoudig algoritme komen de waarden van een deel van de handheld-apparaten beter uit voor de zeer hoge concentraties. Voor de meer gangbare urbane concentraties en de concentraties die op de beoogde meetlocaties verwacht worden) kloppen de meeste instrumenten na correctie vrij goed (middelste balken, Figuur 6); alleen voor het UFP instrument is de match minder goed. Dat komt mede doordat de UFP een hogere meetdrempel heeft dan de overige apparaten. Dit apparaat

moet dan ook meer gezien worden als apparaat waarmee de modale diameter in beeld kan worden gebracht voor één locatie.



Figuur 7: Vergelijking van de totaalaantallen van de spectrum metende apparaten met de totaalaantallen van de EPC's van ECN en VITO, vóór en na correctie (gepaard getoond)

In Figuur 7 zijn de totaalaantallen van de spectrum metende apparaten vergeleken met de gemiddelde aantallen van de EPC's van ECN en VITO, telkens voor en na correctie voor diffusieverliezen.

Meestal leidt een dergelijke correctie tot hogere aantallen maar niet bij de SMPS-TSI van ECN. Reden is dat vanuit de programmatuur van de fabrikant al een correctie doorgevoerd was. Deze was echter beduidend hoger dan de eigen diffusiecorrectie die een veel beter resultaat geeft en dus voor de metingen verder gebruikt is. Voor de UFP-3031 gaat de correctie wederom het slechtst. Eerder is aangegeven dat dit apparaat niet voor totaalaantallen is gebruikt maar voor de bepaling van de meest voorkomende deeltjesdiameter en het verloop van het deeltjesspectrum.

3.2 Fase 1

Gedurende 11 dagen (april 2015) zijn nabij Schiphol metingen uitgevoerd met twee *mobiele* opstellingen. Het doel was een beeld te krijgen hoe aantallenconcentraties en grootteverdeling zich gedragen in de directe omgeving van landings- en startbanen en op wat grotere afstand. Ook is getracht Schiphol als geheel windafwaarts te bemeten. Met dat doel is gemeten naast de Polderbaan (zijnde soms startbaan soms landingsbaan) en op verschillende locaties rondom Schiphol (afhankelijk van de windrichting). Doorgaans is dan zowel bovenwinds als benedenwinds gemeten. Zo kan dan een (globaal) beeld van de concentratiebijdrage van het vliegverkeer op leefniveau worden verkregen.

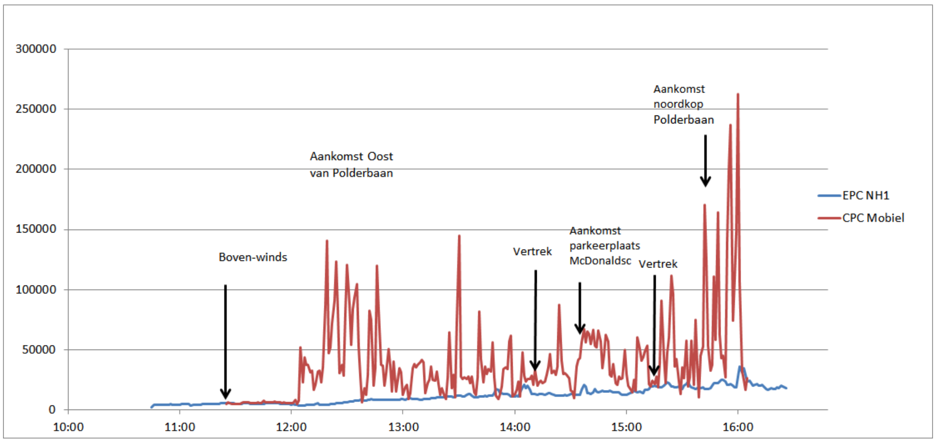
Onderstaande **Tabel 6** is een beknopt overzicht van wanneer en waar tijdens deze eerste campagne is gemeten. WD is windrichting in graden.

Tabel 6: Overzicht tijd en locaties per dag in Fase 1

Fase 1	Start	Eind	Toelichting
10-Apr	**10:45**	**16:30**	Polderbaan Zuid (achtergrond); oosten van Polderbaan, McDonalds, en ten noorden van Polderbaan. WD krimpend van 270° naar 180°, W S = 2 tot 3 m/s.
13-Apr	**10:00**	**16:10**	Polderbaan Zuid (achtergrond); Zwanenburg baan (diverse afstanden), diverse posities zuidoost van Schiphol. WD = 220°, WS = 3.5 tot 6 m/s.
14-Apr	**10:00**	**15:40**	Polderbaan Zuid (achtergrond); nabij Polderbaan (dichtbij en verder), Nieuwe Meer/Schiphol Noord (Buitenveldert baan) en Schiphol Oost. WD = 260°, WS = 5 tot 10 m/s.
15-Apr	**10:20**	**16:50**	Polderbaan Zuid (achtergrond); vergelijking Polderbaan, Breguetlaan Oude Meer, Thermiekstraat (Schiphol Oost). WD = 260°, WS = 5 tot 8 m/s.
16-Apr	**10:45**	**16:30**	Polderbaan Zuid (achtergrond); Westzijde Polderbaan naast spottersplek. Vliegtuiggegevens per meting. WD = 70°, WS = 4 tot 6 m/s.
17-Apr	**09:15**	**13:40**	Polderbaan Zuid (achtergrond); Westzijde Polderbaan naast spottersplek. Vliegtuiggegevens per meting. WD = 50°, WS = 4 tot 7 m/s.
21-Apr	**09:50**	**17:20**	Windopwaarts van Polderbaan, noord van A9, Polderbaan Zuid (belast), windafwaarts Polderbaan, zuid van Kaagbaan. WR = 0° tot 60°, WS = 4 tot 6 m/s.
22-Apr	**11:00**	**16:20**	Cateringweg, Noordkop Polderbaan, noord van A9, Polderbaan Zuid (belast), Schiphol Zuid. WD = 10°, WS = 4 tot 6 m/s.
23-Apr	**09:00**	**16:40**	Noord van A9, West Polderbaan, Breguetlaan (landingen op Kaagbaan en Aalsmbaan), Folkstone weg. WD = 315°/variabel, WS = 2 tot 4 m/s.

Fase 1	Start	Eind	Toelichting
24-Apr	**08:50**	**17:10**	Op A9, Sloterweg, 2000 el, Polderbaan Zuid,2000 el, oost van Zwanenburgbaan, McDonalds, Thermiekstraat, Sloterweg, 2000 el, Polderbaan Zuid. WD = 220°, WS = 3 tot 6 m/s.
29-Apr	**08:30**	**16:00**	Noordkop Polderbaan, Kromme Spieringweg (noord van A9), Zwanenburgdijk, Polderbaanmonument, Oude Notweg. WD = 200°, WS = 5 tot 10 m/s.

3.2.1 Resultaat per meetdag



Figuur 8: 10 april 2015: mobiele metingen rondom Polderbaan en windafwaarts van Schiphol als geheel (in cm^{-3})

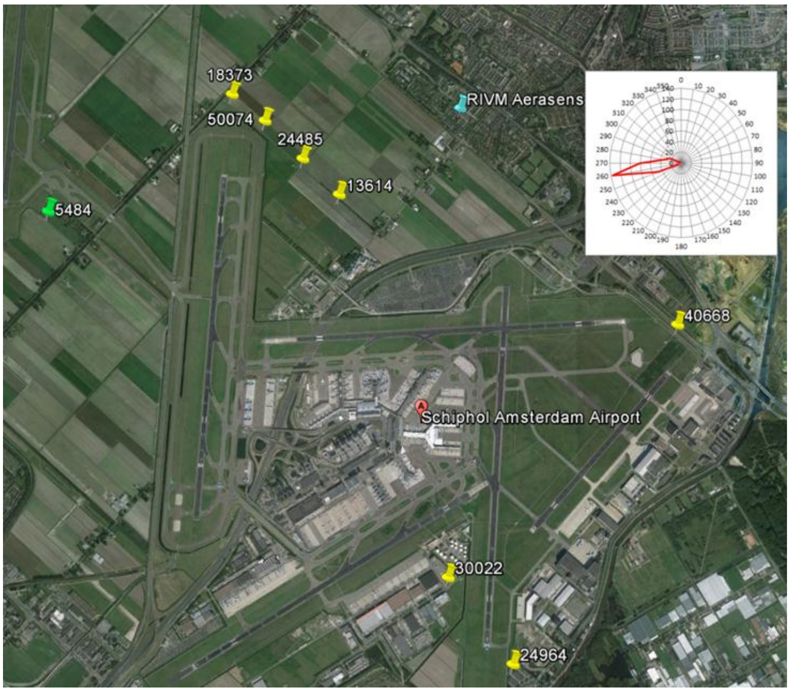
10 april

1. Gestart met meting op NH1 (bovenwinds) waar toen ook de continue achtergrondmeting (EPC NH1) plaatsvond. In Figuur 8 is te zien dat de waarden van CPC in de mobiele *meetwagen* overeenkomen met die van de EPC in de *meetcabine* waarmee de continue achtergrondmetingen verzorgd worden. Beide instrumenten zijn totaaldeeltjestellers. Uitleg daarover is gegeven in Paragraaf 2.4.
2. Vervolgens werd het landen van de vliegtuigen op de Polderbaan gevolgd. De meetlocatie was zo dichtbij als mogelijk ten oosten van de Polderbaan (namelijk aan het einde van de IJweg - komende uit noordoostelijke richting - op een kleine rotonde). De invloed van de vliegtuigemissies is goed herkenbaar.
3. De derde meting vond plaats langs de N232 (aan de noordzijde van het Schipholterrein, parkeerplaats McDonalds). De aantallen zijn duidelijk verhoogd ten opzichte van de achtergrond.
4. De laatste meting was bij de noordkop van de Polderbaan waar vliegtuigen laag overkwamen en daarbij gaven ze pieken ruim boven 200.000 cm^{-3} (10 s-gemiddelden). In de niet uitgemiddelde data (tijdresolutie 1 s) stijgen aantallen tot boven 1.500.000 cm^{-3} (RIVM-data Aerasense).
5. De achtergrond (EPC-NH1, blauwe lijn, dus zonder bijdragen van Schiphol en snelwegen) steeg tijdens de meetperiode van 5.000 naar ongeveer 15.000/cm^{-3}.

Deze stijging is terug te vinden als langzame toename van de CPC-mobiel concentraties. Conclusie is dat er is een duidelijke bijdrage van Schiphol is aan de aantallen deeltjes zoals gemeten nabij een landingsbaan en verder weg.

13 april

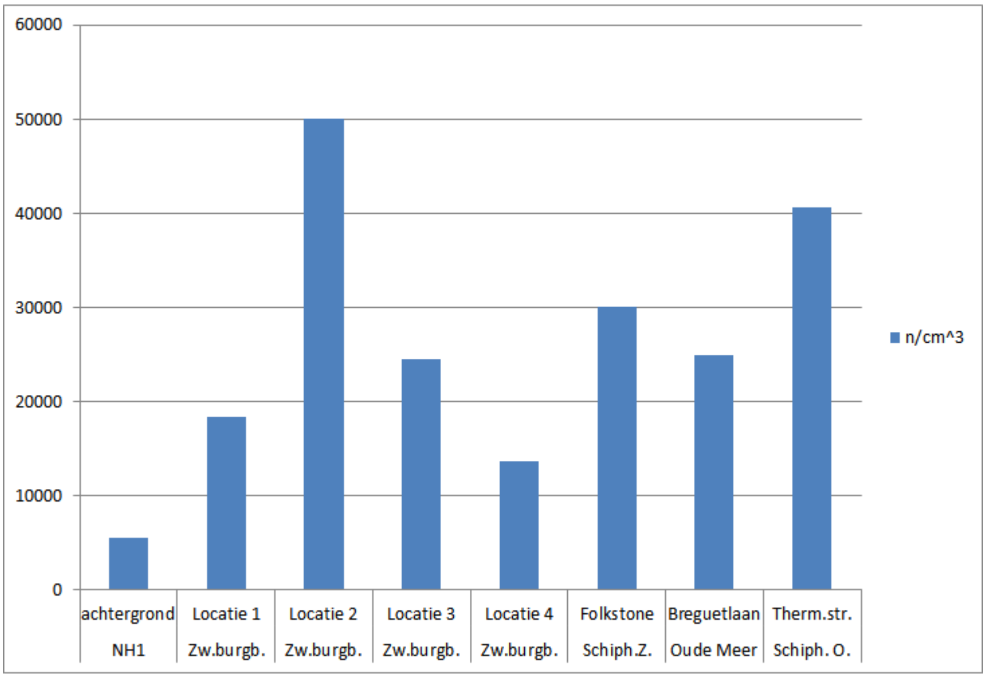
1. Windrichting 260° bij een windsnelheid van 3,5 tot 6 m/s. Achtergrondlocatie is Polderbaan Zuid (NH1, bovenwinds). Daar dubbel gemeten ter vergelijking van de waarden van EPC en CPC. Daarna gemeten bij de Zwanenburgbaan (noordkop, landende vliegtuigen): pal eronder en daarna op 3 locaties steeds verder windafwaarts (Figuur 9).
2. Nabij Polderbaan maxima gemeten van 100.000 tot 200.000 cm^{-3}. De concentraties namen sterk af met de afstand wat overeen komt met wat eerder (10 april) te zien was bij kop Polderbaan. Direct onder de kop wordt de pluim niet goed opgepakt (deels overwaaiend). Bij toenemende afstand tot de landingsbaan (windafwaarts) nemen de deeltjesconcentraties sterk af (Figuur 10 en 11): er is een afname van 50.000 cm^{-3} (naast de baan) tot ca. 13.000 cm^{-3}.
3. Dezelfde metingen laten zien (Figuur 12) dat de bijdrage vooral het gevolg is van de aanwezigheid van deeltjes met een grootte kleiner dan 30 nm. Op een afstand van meer dan 500 m zijn piekwaarden van UFP (als gevolg van starten of landen) zichtbaar.
4. Verdere metingen aan de oostzijde van Schiphol, Loevestijnse weg, Breguetstraat en Folkstoneweg (Figuur 11). Daar zijn de concentraties duidelijk verhoogd, blijkbaar als gevolg van alle vlieg(tuig)bewegingen windopwaarts.



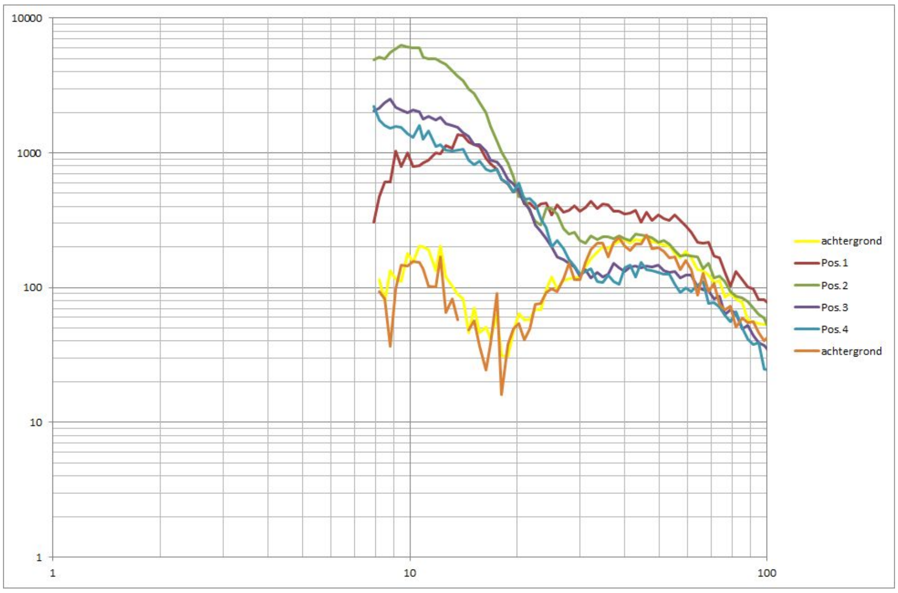
Figuur 9: 13 april 2015. Weergegeven zijn de verschillende meetlocaties waar met de mobiele meeteenheid is gemeten



Figuur 10: 13 april 2015. Detailopname Zwanenburgbaan en de windrichting tijdens die metingen



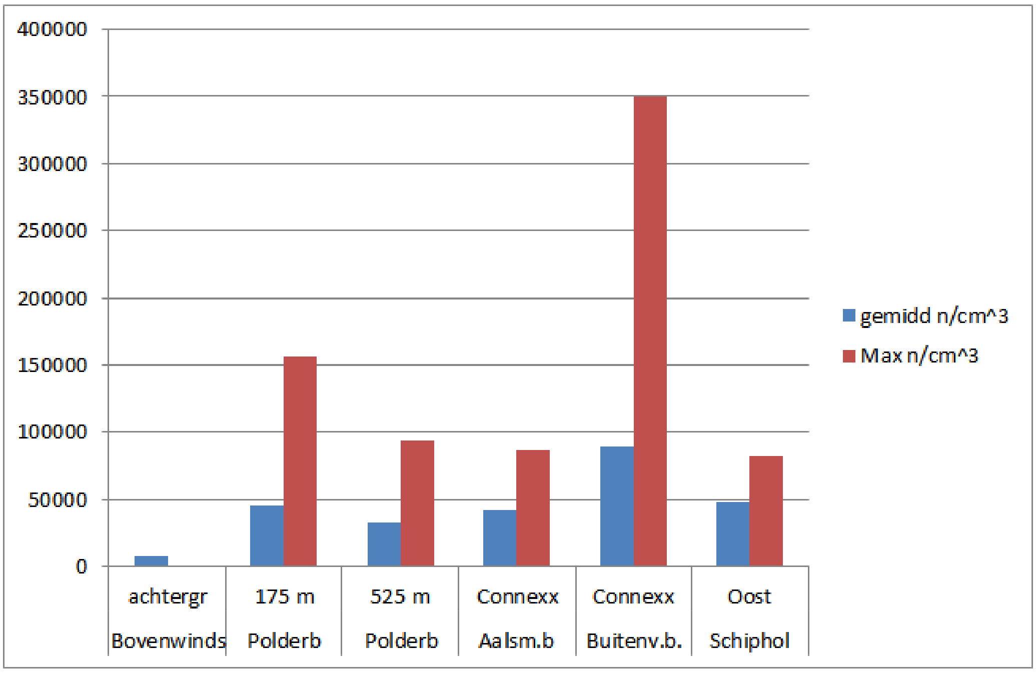
Figuur 11: Gemiddelde deeltjesconcentraties (cm^{-3}) op verschillende locaties rondom Schiphol tijdens de metingen op 13 april 2015



Figuur 12: De deeltjesgrootteverdelingen behorende bij de metingen op verschillende afstanden van de Zwanenburgbaan. Tevens zijn de achtergrondmetingen in de figuur opgenomen zodat duidelijker is in welk deeltjesgroottegebied de toename van aantallen deeltjes het sterkst is (zie figuur 10 voor posities)

14 april 2015

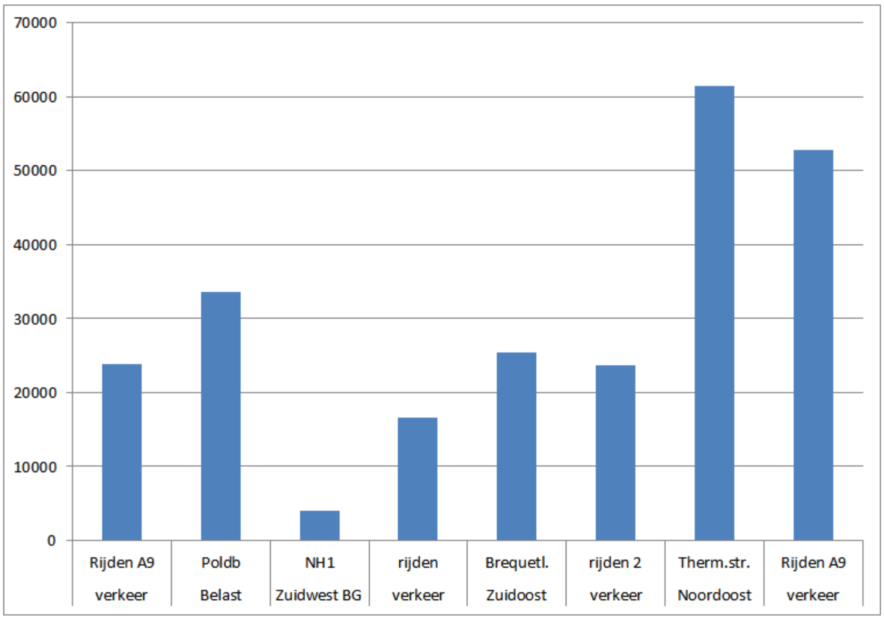
1. Oostzijde van de Polderbaan (eind van de IJweg, 175 m loodrecht op baan). Wind westzuidwest (250°), maakt hoek van ca. 45° met de baan; windsnelheid ca. 8 m/s.
2. Aantallenconcentraties gemeten tot ca. 300.000 cm^{-3} (tijdresolutie 10 s).
3. Verder op de IJweg (Ingang Nieuwenhuis Akkerbouwbedrijf, 525 m. loodrecht): lagere concentraties maar pieken bij passages nog steeds goed zichtbaar (tijdresolutie 10 s).
4. Nieuwe Meer/Schiphol Noord nabij de landingslichten Buitenveldertsebaan (loopt vrijwel oost-west). De Aalsmeerbaan werd gebruikt voor starten. De noordkop van de baan was windopwaarts. Verhogingen boven de (al verhoogde) achtergrond-concentratie leken daar vandaan te komen.
5. Zelfde locatie: Buitenveldertsebaan werd in gebruik genomen als landingsbaan waarbij de landing vrijwel recht tegen de wind in was. Opnieuw concentraties van 100.000 tot 200.000 cm^{-3} met een uitschieter van 1.200.000 cm^{-3}.
6. Schiphol-Oost: geen hoge concentraties, maar wel verhoogd ten opzichte van de achtergrond. Er werden echter ook verladingen gedaan met vorkheftrucks tussen standplaats en banen. De invloed daarvan is onzeker maar waarschijnlijk niet dominerend.



Figuur 13: Gemiddelde en maximaal gemeten aantallen (cm^{-3}) op de verschillende locaties op 14 april

15 april 2015

Zuidwestelijke wind, 5 tot 8 m/s. Meting gestart bij A9, traject A9, meting oost van Polderbaan, daarna gemeten bij vaste locatie voor achtergrondmeting (NH1 station, Hoofddorp), waar de vaste meetcabine ook geplaatst is voor achtergrondmetingen. Daarna naar het zuidoosten van Schiphol (Oude Meer Breguetlaan), daarna verplaatst naar de Thermiekstraat ten noordoosten van Schiphol.

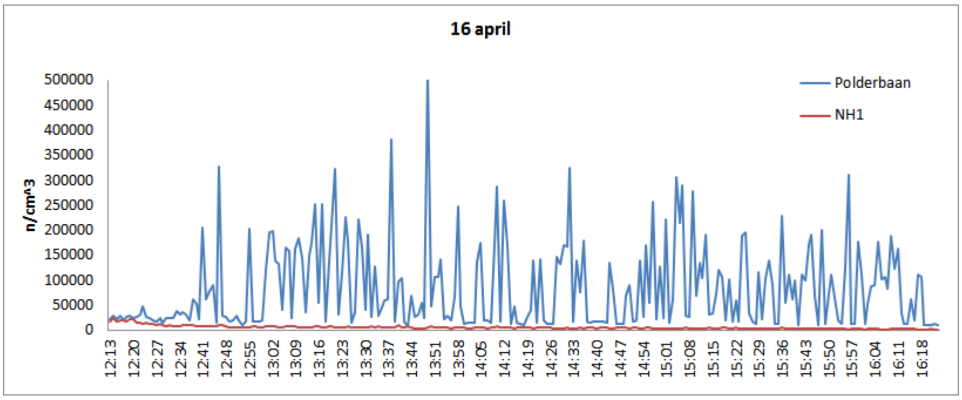


Figuur 14: De gemiddelde deeltjesconcentraties per locatie of per gereden route (cm^{-3})

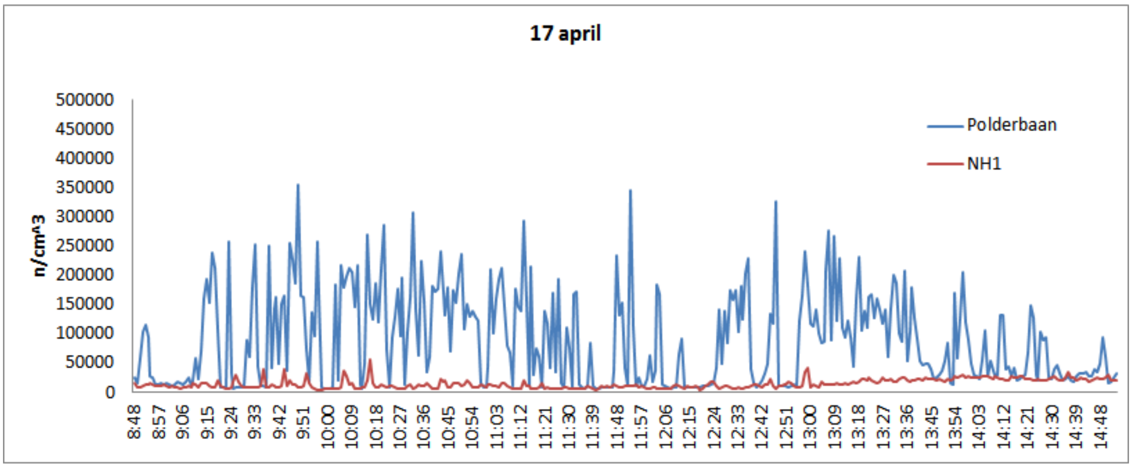
De enige onbelaste locatie was in dit geval Polderbaan Zuid (NH1), windopwaarts, wat duidelijk blijkt uit de veel lagere aantallen. Ten aanzien van de routemetingen moet wel bedacht worden dat het meten in de verkeersstroom heel dicht op de emissiebronnen plaatsvindt. Er is in dat geval ook een meer continue pluim van veel auto's en vrachtauto's, dit in tegenstelling tot de metingen naast een start- of landingsbaan, waar ongeveer iedere drie minuten een pluim langs komt van één bron. Anders is dat uiteraard bij de positie ten noordoosten van Schiphol (Thermiekstraat) waar alle vliegbewegingen van Schiphol gemengd zijn (voor zover die in het windopwaartse traject plaatsvonden).

16 en 17 april

Spotterplaats westzijde Polderbaan, opstijgende vliegtuigen, gemiddelde windrichting 65 resp. 50 graden, windsnelheden 4-7 m/s. Achtergrondmeting noordnoordoost ten opzichte van Schiphol (locatie Nieuwe Meer/Schiphol Noord). Tijdresolutie 1 min en startende vliegtuigen (van Zuid naar Noord).

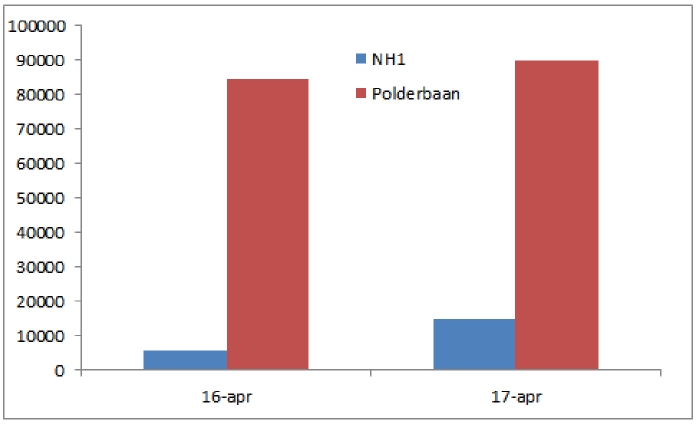


Figuur 15: De rode lijn geeft de achtergrondconcentratie weer, zoals gemeten ten zuidwesten van Schiphol (op locatie NH1). De blauwe lijn geeft de concentraties van de startende vliegtuigen weer. Die zijn gemeten aan de westzijde van de Polderbaan



Figuur 16: De rode lijn geeft opnieuw de achtergrondconcentratie, gemeten ten zuidwesten van Schiphol (op locatie NH1). Verder de vliegtuigpluimen in het blauw, zoals gemeten bij de Polderbaan

Vrijwel alle pieken zijn te relateren aan vliegtuigbewegingen, de hoogste waarde (500.000 cm^{-3}) wordt gemeten op 16 april. Verder is te zien dat op beide dagen de laagste waarden (gemeten naast de Polderbaan) goed overeenkomen met het signaal gemeten op de achtergrondlocatie bij Nieuwe Meer/Schiphol Noord. Er is vaak een dubbele piek te zien vermoedelijk veroorzaakt door de emissie van linker- en rechtervleugel te onderscheiden.

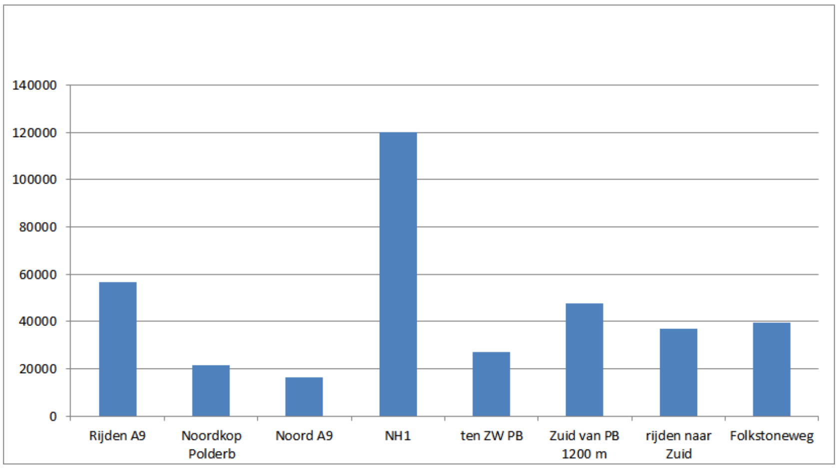


Figuur 17: De gemiddelde concentraties op 16 en 17 april (cm^{-3})

De gemiddeldes over de meetperiodes op deze twee dagen zijn afgebeeld in Figuur 17. Op 16 april zijn de niveaus direct benedenwinds bijna 15 maal hoger dan op de achtergrondlocatie (NH1). Op 17 april lijkt het achtergrondstation NH1 (enigszins) beïnvloed te zijn door andere (vliegtuig-?)emissies (wind is iets gekrompen, 70° naar 50°), waardoor de verhoudingsfactor daalt tot 6. De absolute hoeveelheid bij de baan is iets hoger, mogelijk dat langere overtrek van de pluim door de gekrompen wind het wint van verdunning door de dan wat langere afstand van de baan tot het meetpunt. Verticale menging is echter ook van belang, evenals windsnelheid.

21 april

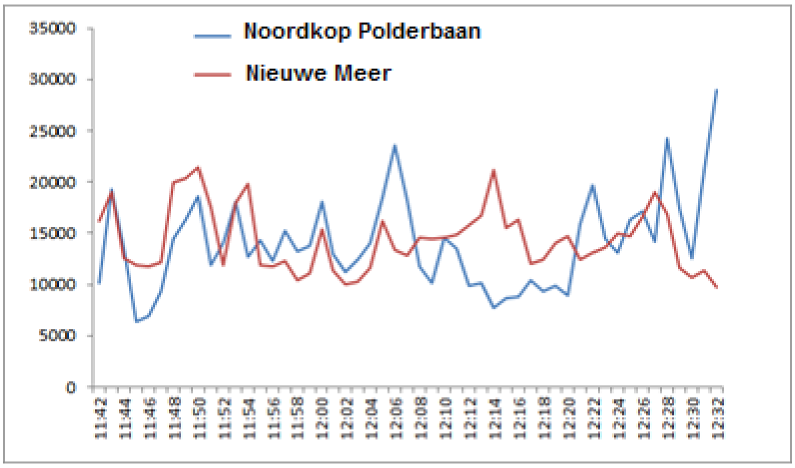
1. Wind uit richtingen tussen noord en oostnoordoost (0-70°) en een windsnelheid van 4-6 m/s. Eerst op 2 locaties windopwaarts van Polderbaan, de ene locatie windafwaarts van de A9 (Noordkop), dus met invloed verkeer, en de andere (Noord A9) verder windopwaarts, zodat verkeersemissies op de A9 (loodrecht op wind) buiten het meetbereik liggen. Daarna ten zuiden van Polderbaan gemeten (belast) op NH1 en zuidoostelijk van de Kaagbaan en Zwanenburgbaan (einde Folkstoneweg) aan de zuidkant van Schiphol. Verder zijn nog twee trajecten rijdend bemeten: vóór de metingen snelweg A9 en tijdens de metingen de - windafwaartse - zuidzijde van Schiphol.
2. Uit de rijdende metingen op de A9 valt af te leiden dat de bijdrage aan UFP van emissies van verkeer (op een snelweg) van dezelfde orde van grootte (50.000-60.000 cm^{-3}) is als wat op verschillende plaatsen op het terrein van Schiphol gemeten wordt.
3. Ook is te zien dat de bijdrage van de A9 ter plaatse van Noordkop in de orde ligt van 5.000 cm^{-3} (verschil Noordkop en Noord A9). De grootte van dit verschil wordt sterk bepaald door de plek waar (ten opzichte van de snelweg) gemeten wordt omdat de gradiënt in aantallen UFP hoog is.



Figuur 18: 21 april 2015: De gemiddelde aantallenconcentraties (cm^{-3}) op verschillende locaties rond Schiphol

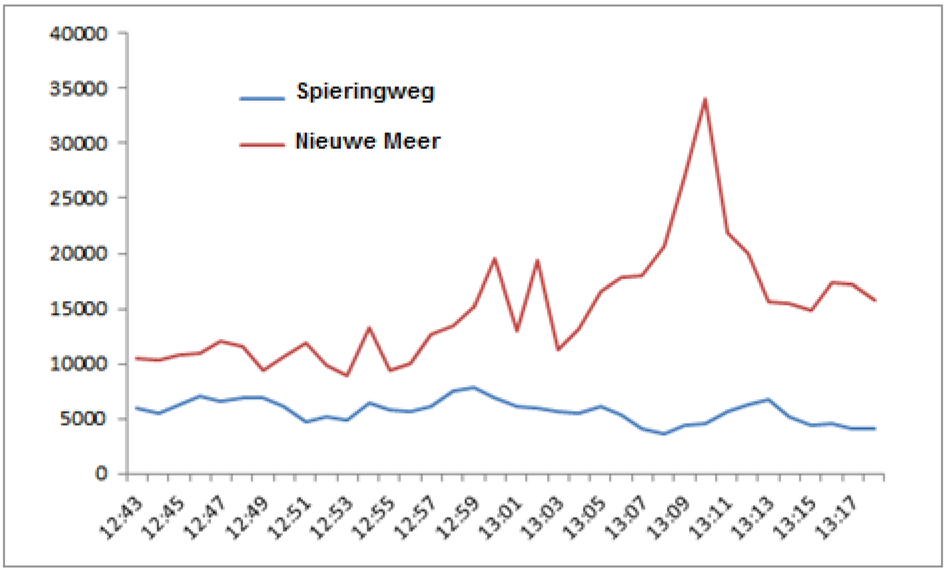
22 april

Windrichting vrijwel Noord (10°), windsnelheid 4-6 m/s. Polderbaan noordkop (windopwaarts) en zuidkop gemeten bij opstijgende vliegtuigen (dus gemeten boven- en benedenwinds). Aan de noordkop van de landingsbaan geen bijdrage van vliegtuigemissies meetbaar (ten opzichte van meetpunt Nieuwe Meer/Schiphol Noord, alwaar achtergrondmeting). Verder metingen ten zuiden van Schiphol.



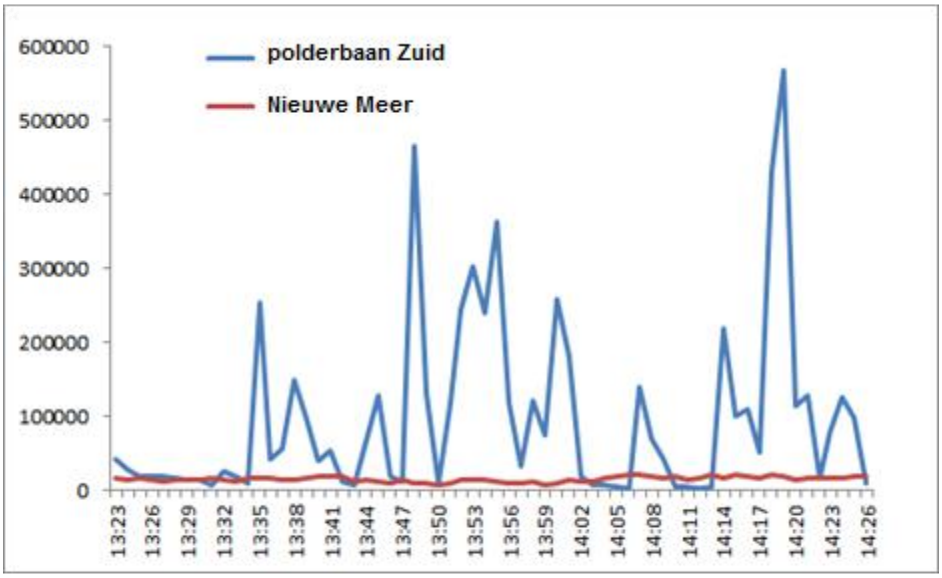
Figuur 19: Achtergrondmeting bij Nieuwe Meer/Schiphol Noord vergeleken met die op Noordkop Polderbaan (eenheid: cm^{-3})

Meting bij Nieuwe Meer/Schiphol Noord blijkt wel verhoogd ten opzichte van Spieringweg. Dit is het gevolg van bijdragen van het verkeer op de A9.



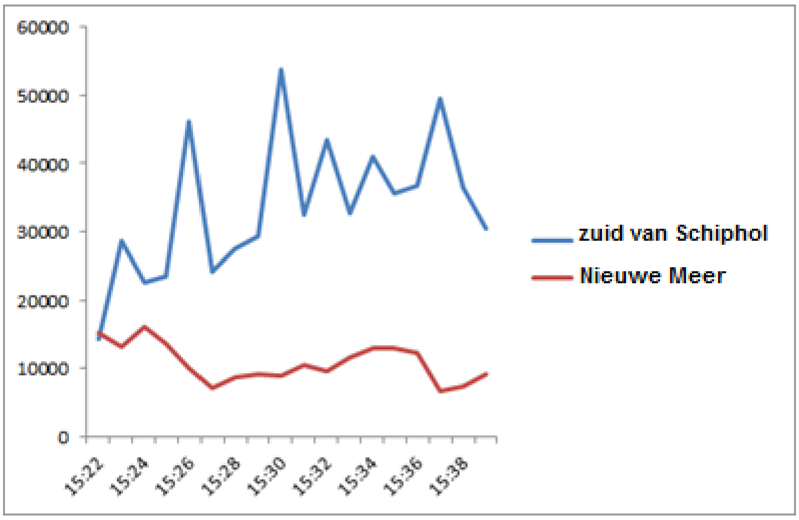
Figuur 20: Achtergrond bij Nieuwe Meer/Schiphol Noord t.o.v. meting ten noorden van Polderbaan, (Spieringweg noord van A9) (eenheid: cm^{-3})

Meting Polderbaan Zuid wel verhoogd ten opzichte van Nieuwe Meer/Schiphol Noord.

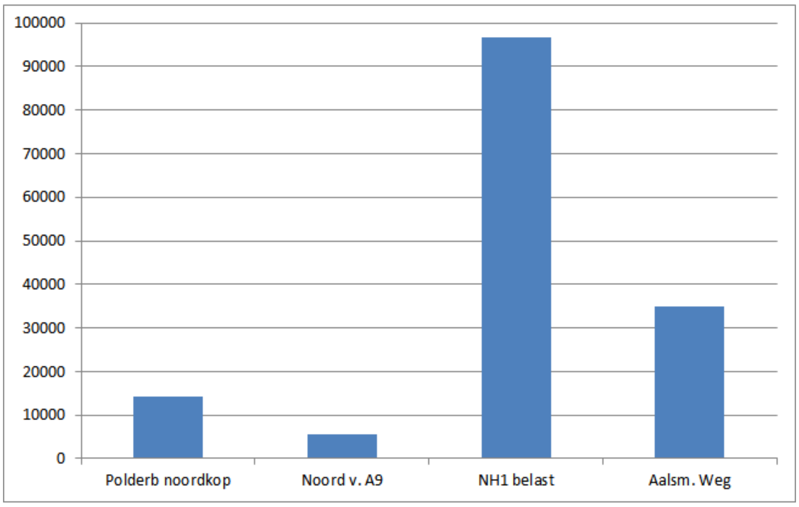


Figuur 21: Achtergrond bij Nieuwe Meer/Schiphol Noord ten opzichte van meting van de zuidkop van de Polderbaan (eenheid: cm^{-3})

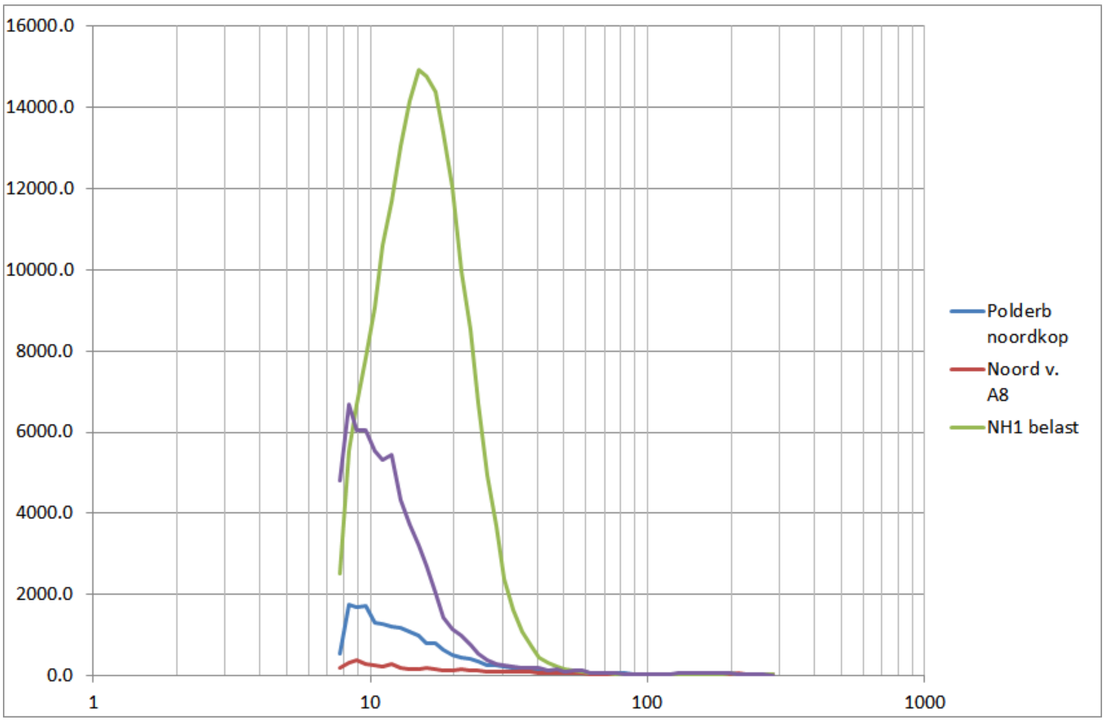
Verder is nog ten zuiden van de Kaagbaan gemeten: Aalsmeerderweg een parkeerplaats aan de westzijde.



Figuur 22: Vergelijking Nieuwe Meer/Schiphol Noord achtergrond met Zuid van de Kaagbaan en dus zuid van Schiphol (cm^{-3})



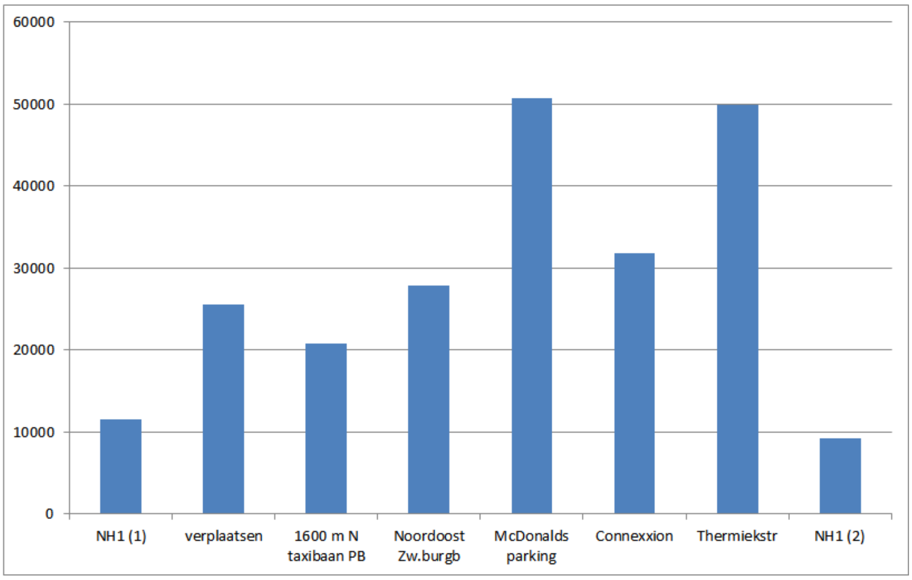
Figuur 23: De gemiddelde deeltjesaantallen op de verschillende locaties (cm^{-3})



Figuur 24: Deeltjesspectrum zoals gemeten met de SMPS-TSI van ECN op 23 april 2015 (cm^{-3})

24 april

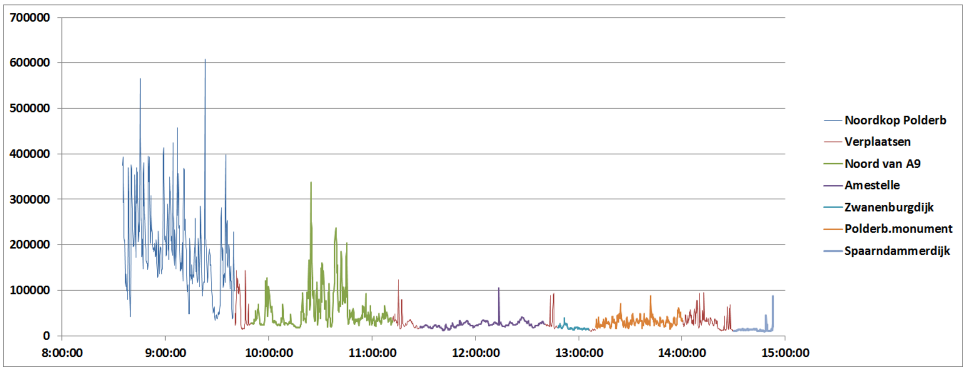
Windrichting zuidwest (220°); windsnelheid 3 -6 m/s. Tweemaal windopwaarts gemeten op NH1, voor en na de windafwaartse metingen. Op diverse locaties windafwaarts gemeten: taxiënde vliegtuigen van Polderbaan naar Zwanenburgbaan op 1600 meter afstand windafwaarts, 350 meter oost van Zwanenburgbaan (landingen), parkeerplaats McDonalds (heel Schiphol windopwaarts), Nieuwe Meer/Schiphol Noord (=Connexxion) idem, Thermiekstraat na wat geruimde wind (250°).



Figuur 25: 24 april 2015. Gemiddelde deeltjesaantallen op diverse locaties (cm^{-3})

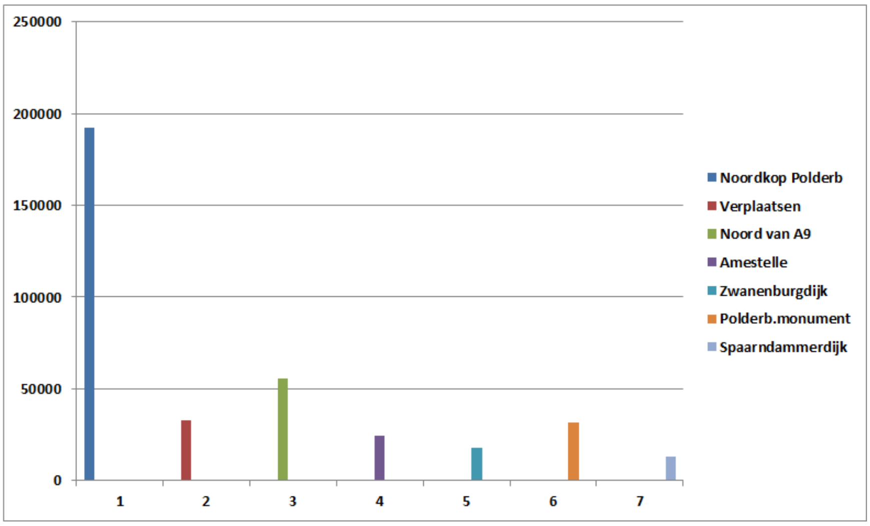
29 april

1. Windrichting Zuidzuidwest (200°), windsnelheid 5 -10 m/s. Tijdresolutie: 10 s. Landende vliegtuigen op Polderbaan. Diverse locaties windafwaarts naar het noorden: Noordkop Polderbaan, Kromme Spieringweg (noord van A9), Amestelle, Zwanenburgdijk, Polderbaanmonument, Spaarndammerdijk.
2. De bedoeling van deze meetdag was om aan te tonen of de pluimen van landende vliegtuigen bij relatief laag aanvliegen traceerbaar zijn aan de grond. In Fase 2 zijn er bij Spaarnwoude ook metingen gedaan met dat doel.



Figuur 26: 29 april 2015. Chronologisch gezien, de deeltjesconcentraties (cm^{-3}) windopwaarts van de Polderbaan in noordelijke richting. Landen ook vanuit noordelijke richting. Verplaatsen van de ene naar de andere locatie is als 'verplaatsen' aangeduid

3. Bij het verplaatsen kan er van het overige verkeer verstorende invloed zijn. De meetlocaties worden zo gekozen dat die pluimen – voor zover ze van diezelfde weg komen – niet verstoren. De meting bij het Polderbaanmonument is wel dicht bij de A9 en kan daar sterk door beïnvloed zijn. De meting bij de Spaarndammerdijk gaf wel een paar pieken te zien maar die waren ditmaal wel van passerend verkeer.



Figuur 27: 29 april 2015. De gemiddelde deeltjesconcentraties (cm^{-3}) per locatie, zie Figuur 28 voor overzicht



Figuur 28: 29 april 2015. Locaties van metingen windopwaarts van de Polderbaan (landen)

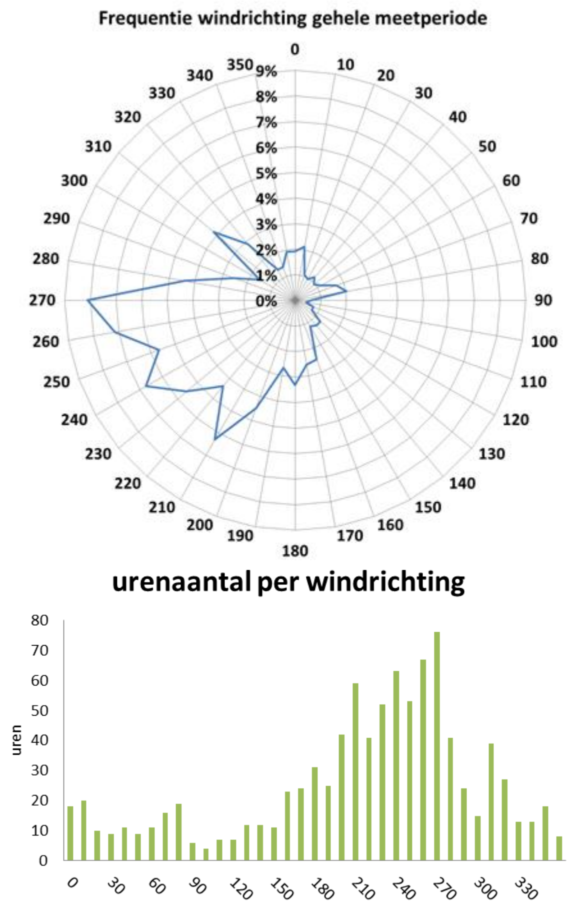
3.3 Conclusies Fase 1

- De mobiele metingen in Fase 1 laten verhoogde concentraties ultrafijne deeltjes zien op en rondom Schiphol. Indien met een tijdresolutie van 1 s gemeten wordt, kunnen aantallen oplopen tot boven 10^6 cm^{-3}. Bij een resolutie van 10 s zijn de aantallen circa 200.000 à 300.000 cm^{-3}.
- De hoogste bijdrages zijn te zien naast de start- en landingsbaan. Op één van de meetdagen zijn de gemeten niveaus direct benedenwinds de startbaan bijna 15 maal hoger dan op de achtergrondlocatie. Dergelijke aantallen zijn vergelijkbaar met wat in tunnels met veel (vracht-)verkeer wordt gemeten.
- Bij toenemende afstand tot de landingsbaan (windafwaarts) nemen de deeltjesconcentraties af: op 13 april is een afname gemeten van 50.000 cm^{-3} (naast de baan) tot ca. 13.000 cm^{-3} (op loodrechte afstand van 1200 m en gemiddeld over een half uur per locatie. Deze verhoogde aantallen blijken op deze dag vooral het gevolg van de aanwezigheid van deeltjes met een grootte kleiner dan 30 nm. Op een afstand van ca. 500 m tot de landingsbaan zijn de piekwaarden van UFP als gevolg van starten of landen nog steeds zichtbaar in de registratie.
- Een afname in aantallen deeltjes met de afstand tot de landingsbaan is ook op een andere dag (29 april) meetbaar. Bij de landingsbaan zijn aantallen tot bijna 200.000 cm^{-3} gemeten. Over een afstand van ca. 5 km neemt dit af tot ca. 20.000 cm^{-3} (gemeten langs de heersende windrichting zuidzuidwest).
- Benedenwindse metingen achter Schiphol als geheel (bijvoorbeeld grenzend aan de baan bij Schiphol Oost) laten een bijdrage zien als gevolg van alle vliegtuigbewegingen windopwaarts. Concentraties aldaar zijn nog steeds verhoogd in vergelijking met (onbelaste) achtergrondmetingen. Als de verschillende resultaten samen worden genomen, worden ruwweg aantallen gemeten van 15.000 tot ca. 50.000 cm^{-3} met achtergrondniveaus die liggen tussen 5.000 resp. 15.000 cm^{-3}. Hier zit uiteraard ook een (onbekende) bijdrage van het verkeer op de luchthaven zelf bij.
- Op sommige locaties is het niet mogelijk vast te stellen of de dominante bijdrage afkomstig is van landende vliegtuigen of van een snelweg (A9).

3.4 Fase 2

3.4.1 Meteorologie

De windrichting en -snelheid tijdens de meetperiode Fase 2 is verkregen van het KNMI-meetstation op Schiphol. De frequentie van het voorkomen van windrichtingen is weergegeven in Figuur 29. Uren met een 'te veranderlijke windrichting om een specifieke windrichting toe te kennen' zijn niet meegenomen. Alle meetresultaten zijn omgezet naar zomertijd.



Figuur 29: Voorkomen van windrichting tijdens Fase 2 relatief (boven) en absoluut (beneden)

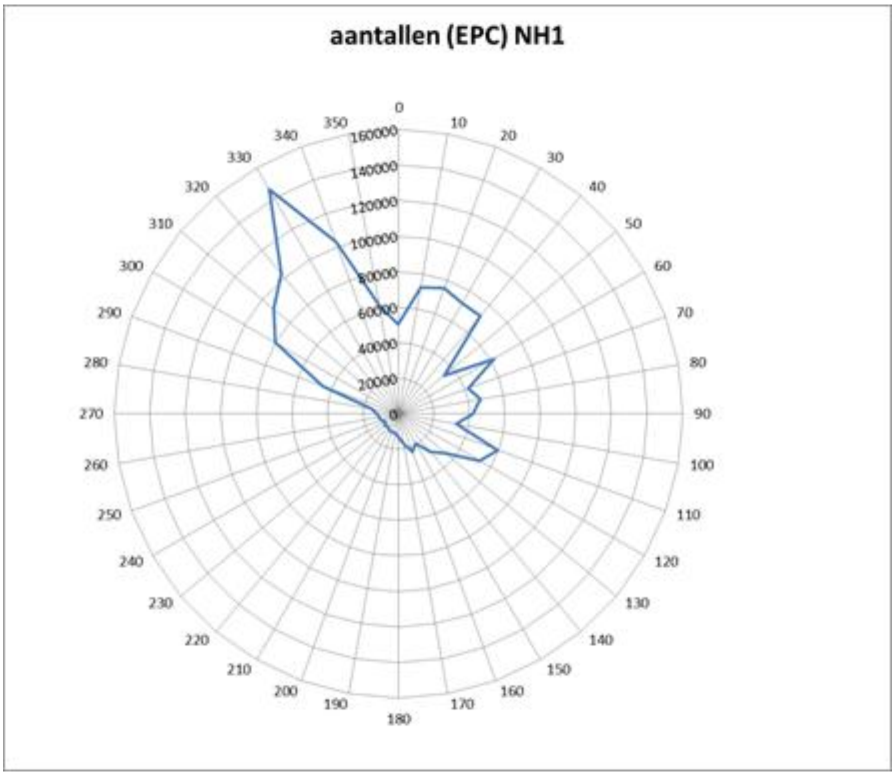
Het blijkt dat voor 53% van de tijd de wind uit de sector 200-280° kwam. Voor de sector 90-120° is het aandeel slechts 3%. Het maximum ligt bij 270° (76 uur), het minimum bij 100° (4 uur). Het aantal uren dat de wind uit een bepaalde richting komt bepaalt (mede) de representativiteit van het resultaat voor die richting.

3.4.2 Aantallen en grootteverdeling per station

In deze paragraaf worden de afhankelijkheid van de aantallenconcentraties voor de windrichting weergegeven voor de stations Polderbaan Zuid (NH1), Nieuwe Meer/Schiphol Noord, Amsterdamse Bos en Oude Meer (NH2). Naast verschillen in het optreden van windrichting is ook van belang dat niet op alle stations even lang is gemeten. Dit komt door verschillen in start- en eindtijden en uitval tijdens de metingen. De meetduur per instrument is te vinden in Tabel 3.

Polderbaan Zuid (NH1)

De aantallenconcentratie (EPC) als functie van windrichting voor station NH1 is afgebeeld in Figuur 30. Voor de precieze locatie van dit station zie Figuur 1.



Figuur 30: Windrichtingsafhankelijke aantallen concentraties (cm^{-3}) NH1 (30 apr-11 jun; 1005 uur)

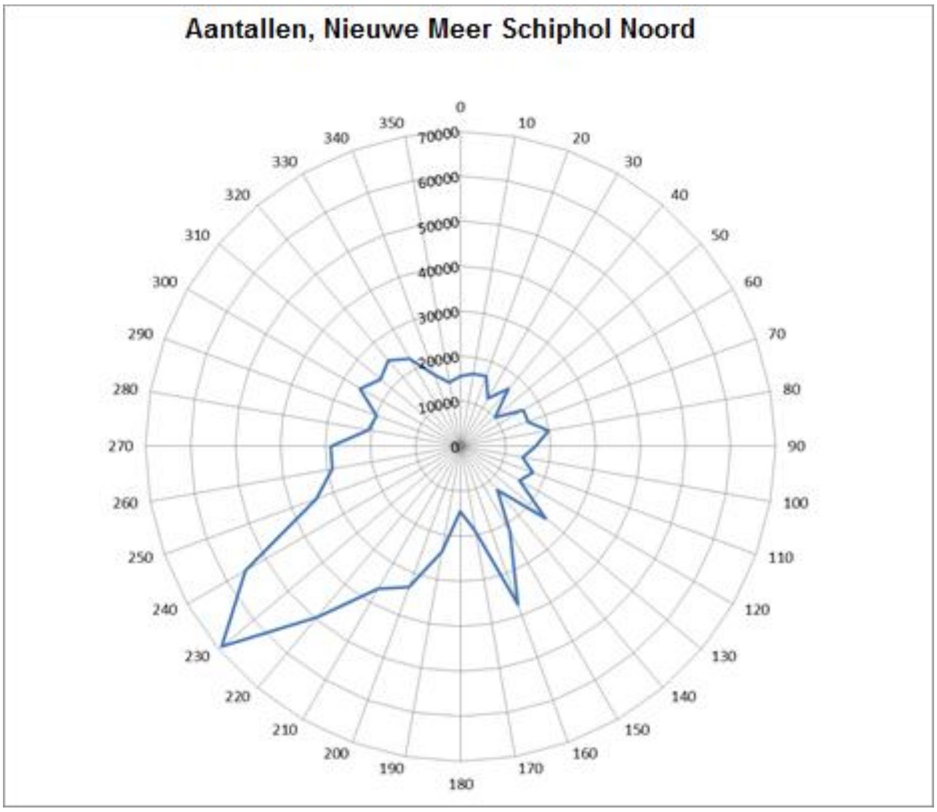
De laagste aantallen zijn te vinden in de sector 170-280° met concentraties beneden de 17.000 cm^{-3} (zie ook Tabel 7). Voor deze windrichting fungeert deze locatie als bovenwinds achtergrondstation. Naarmate de windrichting meer ruimt is een bijdrage van vliegtuigbewegingen op de Polderbaan meetbaar (met een maximum 140.000 cm^{-3} in de richting 310-340°). Ook is een bijdrage te zien van het deel van Schiphol in zuidoostelijke richting (110-120°) en is vermoedelijk afkomstig van vliegtuigen die taxiën naar de Polderbaan én van vliegtuigen op de Zwanenburgbaan. De hogere aantallen in de richting 10-40° is van de taxibaan op korte afstand in die richting.

Tabel 7: Aantallen deeltjes per windsector voor de locatie NH1 (Polderbaan Zuid). Rood: maximum aantallen deeltjes; groen: minimum; oranje: relatieve maxima.

	NH1 EPC
0	50225
10	72355
20	75434
30	71710
40	71925
50	33531
60	61901
70	41998
80	46763
90	41756
100	32877
110	59516
120	52762
130	34477
140	27975
150	19277
160	22948
170	17152
180	12981
190	11011
200	10923
210	10270
220	9301
230	10018
240	8464
250	10796
260	11015
270	12133
280	15320
290	45471
300	79972
310	91924
320	102884
330	145715
340	102647
350	61782

Nieuwe Meer/Schiphol Noord

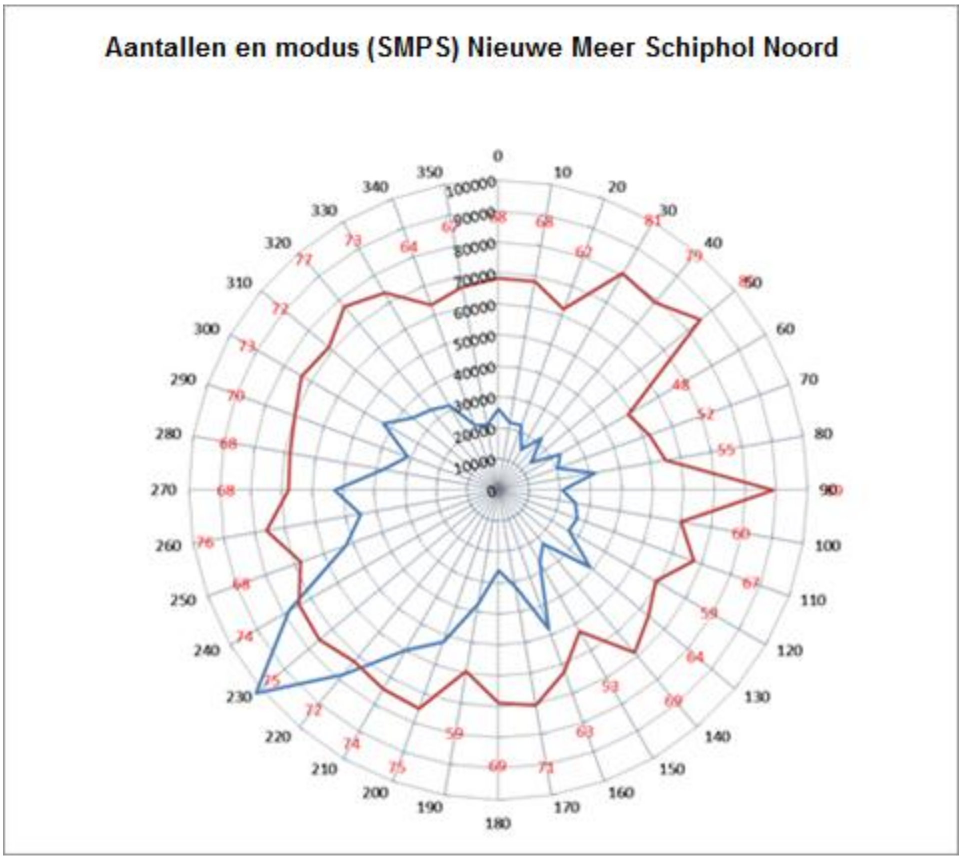
De afhankelijkheid van de aantallenconcentratie (EPC) op het station Nieuwe Meer/Schiphol Noord voor de windrichting is afgebeeld in Figuur 31. Voor de precieze locatie van dit station zie Figuur 1.



Figuur 31: Windrichtingsafhankelijke aantallenconcentraties (cm^{-3}) Nieuwe Meer/Schiphol Noord (30 april - 8 juni; 885 uur)

Relatief hoge waarden zijn te vinden in de sector 200-260° (> 30.000 cm^3) met een uitgesproken maximum in de richting 230° (bijna 70.000 cm^{-3}). De laagste aantallen zijn te vinden in de noordoostsector 340-120° met niveaus beneden de 17.000 cm^{-3}. Invloed van verkeer is hier wel te verwachten. Voor deze sector fungeert Nieuwe Meer/Schiphol Noord als een bovenwinds achtergrondstation. Verder vallen de relatief hoge waarden in de richting 290-320° en bij 160° op. Deze zijn (nog) niet goed verklaarbaar.

De afhankelijkheid van de aantallenconcentratie en de modus (piekwaarde in de SMPS deeltjesgrootteverdeling) van de windrichting op station Nieuwe Meer/Schiphol Noord (aangeduid met ‘Connexxion’) is afgebeeld in Figuur 32.

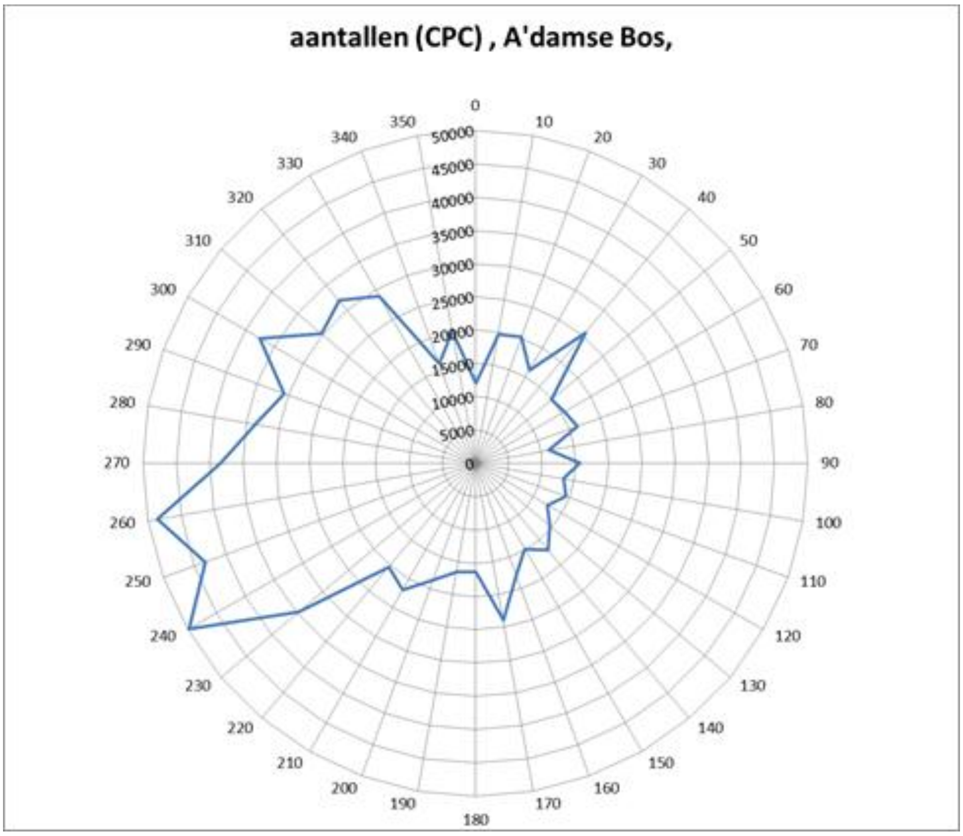


Figuur 32: Windrichtingsafhankelijke aantallen concentraties (cm^{-3}) en modus (SMPS) op Nieuwe Meer/Schiphol Noord (30 april - 8 juni; 935 uur)

Er is een goede overeenkomst tussen de aantallen verdeling van de SMPS met die van de EPC op hetzelfde station (Figuur 31). Zo wordt opnieuw een maximum gevonden bij 230° en is de relatieve piek zichtbaar bij 160°. De verdeling van de modus over de windrichting laat geen opvallende veranderingen zien. In de sector 200-270° (met de hoogste aantallen) is de gemiddelde diameter 73 nm (±3 nm). Gemiddeld over de rest van de windroos is dit 67 nm (±10 nm).

Amsterdamse Bos

De afhankelijkheid van de aantallenconcentratie (CPC) op het station in het Amsterdamse Bos voor windrichting is afgebeeld in Figuur 33. Voor de precieze locatie van dit station zie Figuur 1.

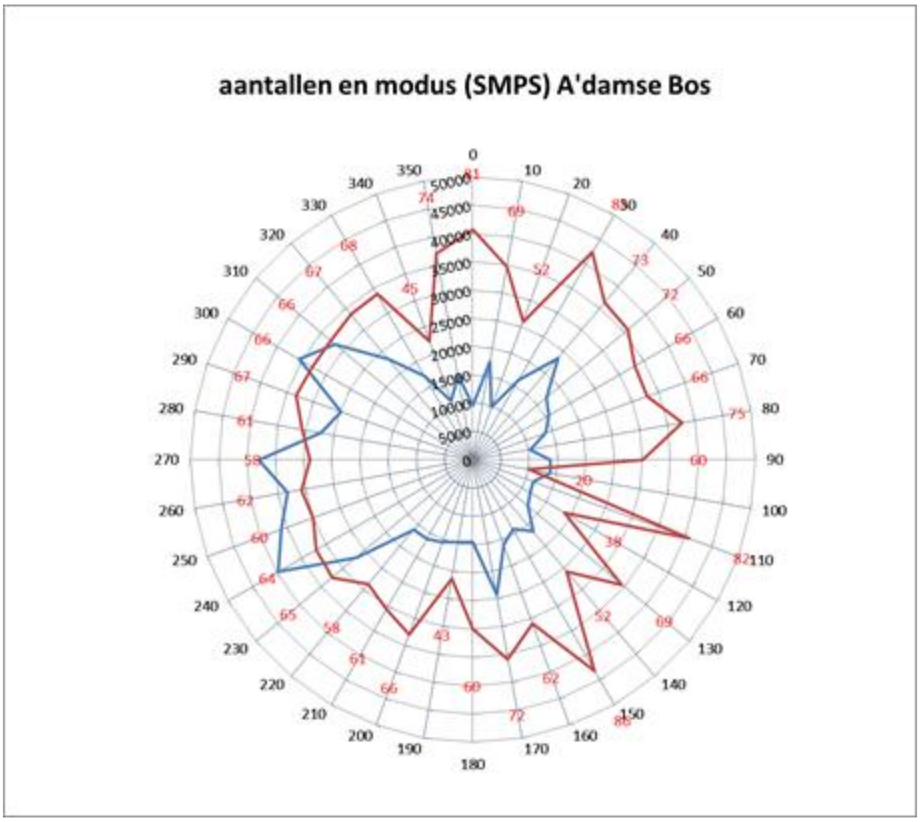


Figuur 33: Windrichtingsafhankelijke aantallenconcentraties (cm^{-3}) op meetlocatie Amsterdamse Bos (28 april - 28 mei; 696 uur)

Net als bij Nieuwe Meer/Schiphol Noord zijn de hoogste waarden te vinden in de zuidwestelijke sector. Aantallen boven de 30.000 cm^{-3} zijn nu zichtbaar bij windrichtingen vanaf 220° tot 290°. Maximaal is het tussen 240° en 260° (met waarden tegen de 50.000 cm^{-3}) dus iets verschoven in vergelijking met Nieuwe Meer/Schiphol Noord waar het maximum bij 230° ligt en verklaarbaar door de meer oostelijke positie van het meetstation in het Amsterdamse Bos. De piekvorm is minder uitgesproken dan bij Nieuwe Meer/Schiphol Noord.

De duur van de CPC-metingen hier is circa 20% korter dan op de stations Nieuwe Meer/Schiphol Noord en NH1.

Opvallend zijn ook de relatief hoge waarden gevonden bij noordwestelijke windrichting (tussen 290° en 330°). Dit kan niet afkomstig zijn van Schiphol; wellicht dat scheepvaart op de Nieuwe Meer (drukke vaarroute voor beroepsvervoer van en naar Amsterdam) of emissies in het Havengebied van Amsterdam hier een rol speelt.



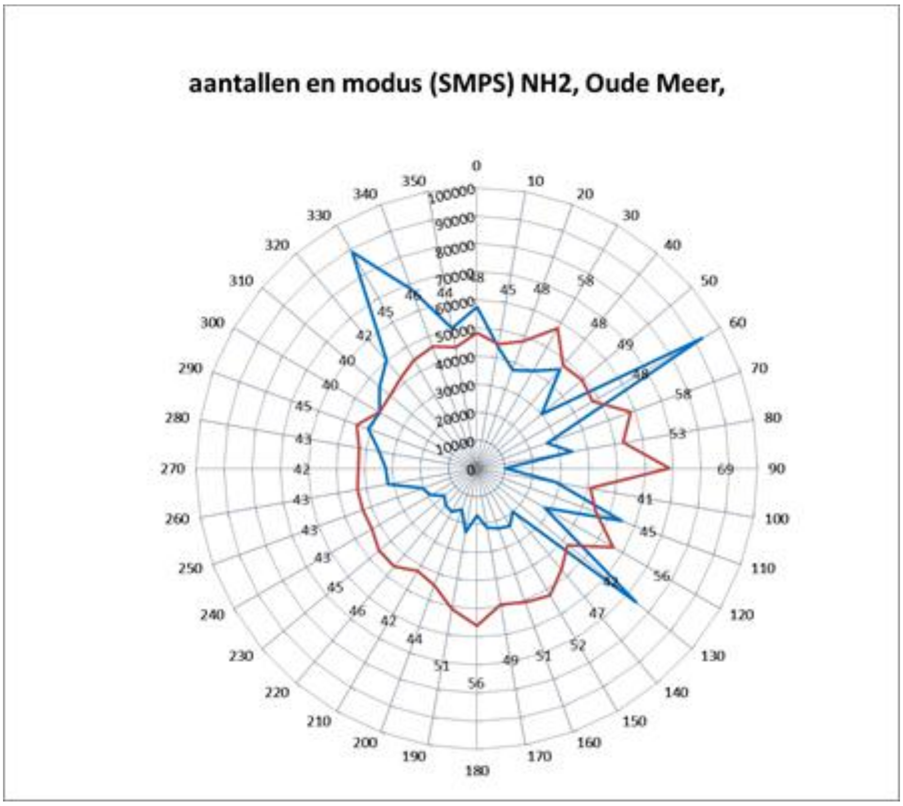
Figuur 34: Windrichtingsafhankelijke aantallenconcentraties (cm^{-3}) en modus (SMPS) op Nieuwe Meer/Schiphol Noord (28 april - 28 mei; 427uur)

De meetperiode van de SMPS op dit station is door technisch uitval de helft lager dan op Nieuwe Meer/Schiphol Noord en NH1.

Er is een redelijke overeenkomst met de CPC-resultaten op dit station (Figuur 33) met maximale waarden tussen 240° en 270°. Opnieuw laat de modus (piekwaardes grootteverdeling) geen opvallende veranderingen zien met de windrichting. In de sector 240-270° (met de hoogste aantallen) is de gemiddelde diameter 61 nm (± 2,6 nm). Dit is weliswaar lager dan gemiddeld over de rest van de windroos, 64 nm (± 14 nm), maar het is niet significant verschillend. Opnieuw zijn hogere waarden zichtbaar in noordwestelijke richting (290-320°).

Oude Meer

De afhankelijkheid van de aantallenconcentratie en modus (SMPS) op het station NH2 (Oude Meer) voor windrichting is afgebeeld in Figuur 35. Voor de precieze locatie van dit station zie Figuur 1.



Figuur 35: Windrichtingsafhankelijke aantallenconcentraties (cm^{-3}) en modus (SMPS) op Nieuwe Meer/Schiphol Noord (7 mei-8 juni; 725 uur)

De SMPS op dit station is op een later moment geplaatst. De meetperiode van de SMPS op dit station is daarom 22% korter dan op station Nieuwe Meer/Schiphol Noord en Polderbaan NH1. Er is een opvallende piekwaarde in noordwestelijke richting: de waarde is hier 90.000 cm^{-3} bij een windrichting van 230°. In de sector 320-360° liggen de aantallen boven 50.000 cm^{-3}. De diameter in deze sector is gemiddeld 61 nm (± 2,6 nm) terwijl deze gemiddeld over de overige windrichtingen 64 nm (13,8 nm) bedraagt.

Gecombineerd

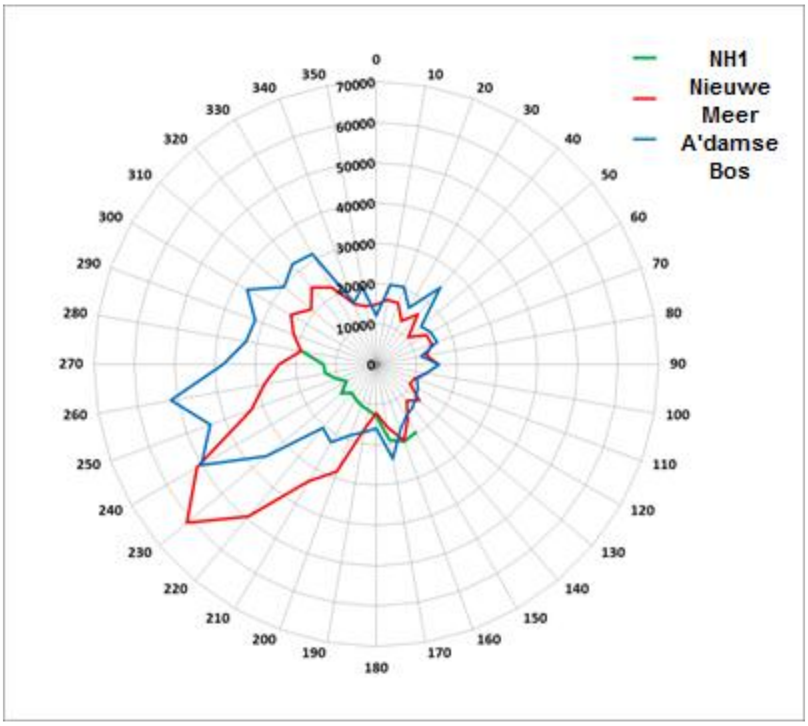
In Figuur 36 zijn de aantallen op de verschillende stations in één windroos geplaatst. Voor de overzichtelijkheid is dit gedaan voor de sector 180-360°. Duidelijk is de locatie van Schiphol te herkennen op alle drie stations en de verhoging ten opzichte van de achtergrondniveaus op NH1 (in de sector 180-270°).

De hoogte van de aantallen is afhankelijk van de afstand tot de bron. Zo is Oude Meer hier maximaal in de richting 330° omdat dit meetpunt zich betrekkelijk dicht bij de Kaagbaan bevindt. De extremen op het meetpunt in het Amsterdamse Bos zijn weer lager dan die op Nieuwe Meer/Schiphol Noord.

Opmerkelijk is wat er gebeurt in de richting 270° in Figuur 36. In deze richting liggen de stations NH1, Nieuwe Meer/Schiphol Noord en Amsterdamse Bos vrijwel op één lijn met de landingsbaan Buitenveldert. Bij wind uit West wordt deze baan gebruikt als landingsbaan. NH1 is dan een bovenwinds station (onbelast) en de andere twee stations liggen benedenwinds (en dus belast). De concentraties op Nieuwe Meer/Schiphol Noord zijn verhoogd ten opzichte van NH1. Echter op station Amsterdamse Bos blijken deze hoger dan op Nieuwe Meer/Schiphol Noord terwijl de afstand tot de landingsbaan (en de rest van Schiphol) groter is. Bij verdere beschouwing is dit ook het geval voor de windrichting vanaf 270° tot 330°. De variatie van de aantallen in deze sector is redelijk gelijkvormig. Dit is ook zichtbaar als de wind uit oostelijke richtingen komt waarbij bovendien de absolute aantallen met elkaar overeenkomen.

Er zijn twee oorzaken mogelijk. Het lijkt erop dat er zich een andere UFP-bron in de sector 270°-330° voordoet, die gemist wordt door station Nieuwe Meer/Schiphol Noord, maar wel meetpunt Amsterdamse Bos beïnvloedt. Vanwege de gelijkvormigheid in deze sector kan dit een diffuse bron zijn op grotere afstand (zoals zuidelijk Amsterdam), die de aantallen in gelijke mate verhoogt in deze sector, of een bron die heel dichtbij ligt (in het Amsterdamse Bos).

Tweede reden is een technische: tijdens de vergelijkingsmeting bij de Polderbaan was de meetconfiguratie Amsterdamse Bos voorzien van een 2 m lange aanvoerleiding. Op basis van deze configuratie is een correctiealgoritme bepaald (Paragraaf 3.1). Tijdens de meetcampagne was deze slechts 0,73 m. Dit leidt inderdaad tot hogere aantallen in de metingen maar vermoedelijk niet meer dan 20% waardoor een factor 1.3 verschil in de sector 270°-330° overblijft.



Figuur 36: Windrichtingsafhankelijke aantallenconcentraties (cm^{-3}) op NH1, Nieuwe Meer/Schiphol Noord, Amsterdamse Bos en NH2 voor windrichtingen tussen 180° en 360°

Vergelijking deeltjesgrootteverdelingen op Nieuwe Meer/Schiphol Noord, Oude Meer (NH2) en Amsterdamse Bos bij verschillende windrichting

In het hiernavolgende worden de deeltjesgrootteverdelingen verkregen op Nieuwe Meer/Schiphol Noord, Oude Meer (NH2) en Amsterdamse Bos (zie Figuren 37-39) vergeleken bij windrichting vanaf Schiphol (de zogenaamde 'belaste' windrichting) met windrichtingen waarbij de wind niet van Schiphol komt ('onbelast').

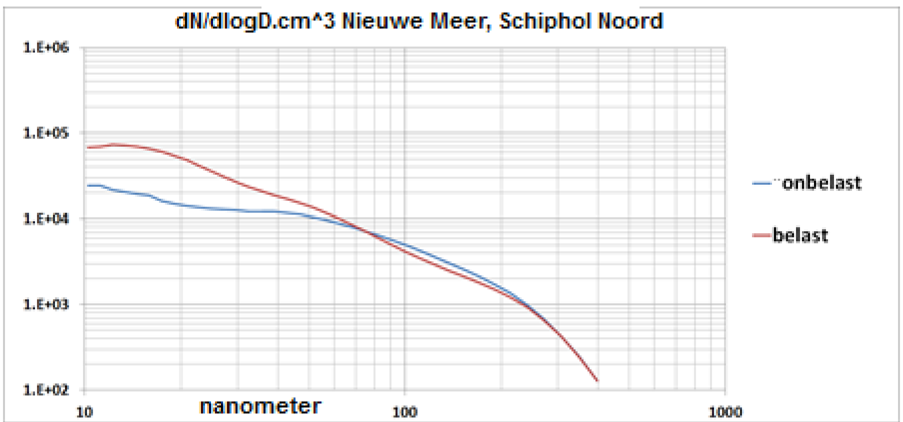
De windroos is voor deze vergelijking opgedeeld in delen van 10 graden en de receptiehoeken zijn zo gekozen dat de begrenzingen van die hoeken (gezien vanuit - en met het hoekpunt op - de meetlocatie) raaklijnen zijn aan de uiterste begrenzingen van de start- en landingsbanen van Schiphol (zie Tabel 8).

Uiteraard is er sprake van overlap van belaste en onbelaste windrichting omdat vanuit de emissiegebieden pluimen komen die al een horizontale spreiding kennen (daar is hier verder geen rekening mee gehouden). Des te verder een meetpunt ligt des te meer zal dit effect optreden waarbij een onbelaste windrichting toch enigszins belast zal kunnen zijn in het grensgebied van onbelaste en belaste windrichting.

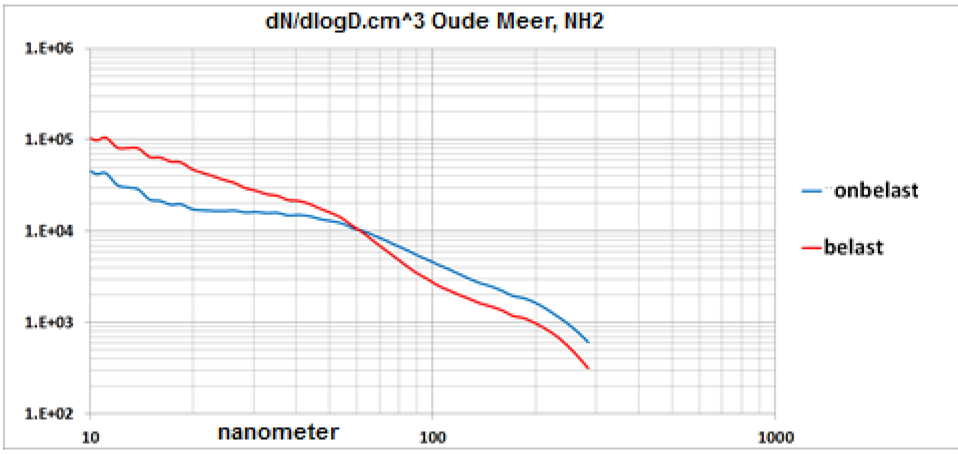
Uit de figuren is af te leiden dat (vanaf ondergrens meetapparaat) tot rond 60 nm een verhoging te zien is als de windrichting vanaf Schiphol komt.

De spectra van Amsterdamse Bos en Oude Meer laten een toename zien in het 100 tot 1000 nm gebied bij 'onbelaste' windrichtingen. Dit is te wijten aan de continentale oorsprong van een groot deel van het aerosol bij 'onbelaste' windrichtingen. Hoewel er minder nanodeeltjes kleiner dan 60 nm zijn, zijn er meer deeltjes met een grotere diameter. Voor de massaconcentraties zal dat betekenen dat die overheersen vanuit 'onbelaste' windrichting, wat meteen aangeeft waarom 'onbelast' hier als een relatieve aanduiding moet worden beschouwen. Vanaf het continent wordt immers altijd meer fijnstof aangevoerd, dan vanaf maritieme gebieden, eenvoudig te wijten aan de vele emissiebronnen op het continent.

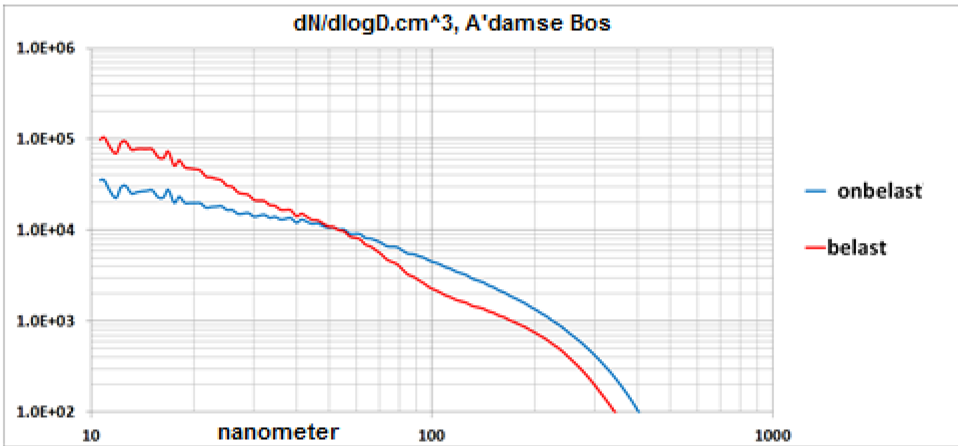
Voor meetlocatie Nieuwe Meer/Schiphol Noord geldt dat een groot deel van de onbelaste windhoek een maritiem karakter kent zodat relatief veel - schonere - zeelucht deel van die hoek uitmaakt. Daarom lopen de concentraties in Figuur 37 per deeltjesgrootte niet veel uiteen naarmate de deeltjes groter worden.



Figuur 37: Het verschil van de spectra vanuit belaste en onbelaste windrichtingen, zoals gemeten op punt Nieuwe Meer/Schiphol Noord



Figuur 38: Het verschil van de spectra vanuit belaste en onbelaste windrichtingen, zoals gemeten op punt Oude Meer/NH2 (zuidoost van Schiphol)

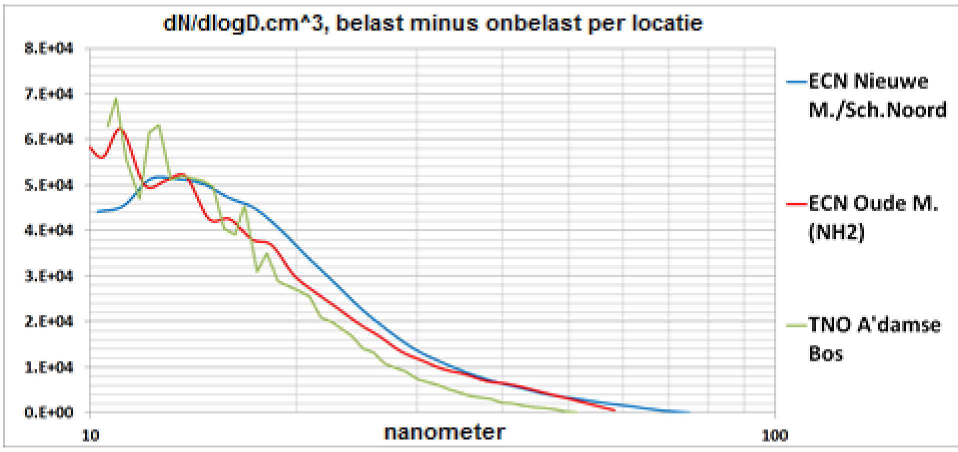


Figuur 39: Het verschil van de spectra vanuit belaste en onbelaste windrichtingen, zoals gemeten op punt Amsterdamse Bos (noordoost van Schiphol)

Tabel 8: Windrichtingssectoren voor het bepalen van belaste en onbelaste deeltjesspectra

		Windrichting (graden) van	Windrichting (graden) tot	Opmerking
Nieuwe Meer (Schiphol N.)	Belast	140	330	klok mee
Nieuwe Meer (Schiphol N.)	Onbelast	330	130	klok mee
Oude Meer (NH2)	Belast	300	10	klok mee
Oude Meer (NH2)	Onbelast	20	290	klok mee
Amsterdamse Bos	Belast	230	310	klok mee
Amsterdamse Bos	Onbelast	300	220	klok mee

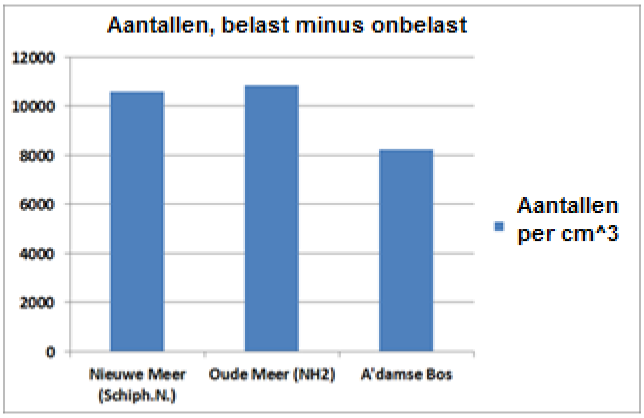
Om het verschil op de verschillende hoofdmeetlocaties tussen belast en onbelast in een oogopslag te kunnen zien zijn de spectra van belast en onbelast van elkaar afgetrokken, waarna de resterende spectra samengevoegd zijn in Figuur 40.



Figuur 40: Verschil van de spectra bij belaste en onbelaste windrichting per locatie

Deze figuur laat zien bij welke deeltjesgroottes de emissie van Schiphol het meest bijdraagt: de ultrafijne deeltjes, aflopend naar het eerder al aangegeven omslagpunt rondom 60 nm. Het deel van het spectrum onder 15 nanometer kent een grote onzekerheid vanwege de grote correcties die per instrument uitgevoerd moeten worden: deels inherent aan de meetmethode en deels als gevolg van de onzekerheid in de benodigde mate voor het corrigeren voor diffusieverliezen. Die onzekerheid stijgt naarmate de deeltjes kleiner worden. Omdat per instrument dezelfde correcties worden uitgevoerd is het verschil tussen onbelast en belast per meetlocatie niet onzeker, maar wel zijn de verschillen tussen de spectra van de verschillende meetinstrumenten onzeker: die zijn echter vanaf het overlappunt van circa 15 nm (logaritmische schaal!) toenemend betrouwbaar.

De spectra zijn in dN/dlogD.cm^3 vergeleken vanwege de verschillende kanaalgrenzen per instrument, zo worden algemeen spectra van verschillende meetinstrumenten in beeld gebracht om een vergelijking mogelijk te maken. Toch is het ook interessant om de absolute verschillen in het ultrafijne deeltjesgebied te onderscheiden per meetlocatie, daarom zijn die verschillen in Figuur 41 in een staafdiagram inzichtelijk gemaakt. Opvallend is dat de verder weg gelegen locatie in het Amsterdamse Bos niet veel minder ultrafijne deeltjes uit de belaste windrichting meet. Mogelijk dat andere tussenliggende bronnen hier debet aan zijn.



Figuur 41: Het verschil tussen de spectra bij belaste en onbelaste windrichtingen gemeten op drie hoofdlocaties, voor de groottes vanaf 15 nm en tot het omslagpunt per spectrum

3.5 Conclusies en aanbeveling

- In dit rapport zijn de data gepresenteerd van metingen uitgevoerd door ECN, VITO, TNO en RIVM op een tiental locaties op en rond Schiphol in mei 2015. Hierover wordt separaat door het RIVM aan het Ministerie IenM gerapporteerd.
- De resultaten van de totale concentraties UFP laten zien dat Schiphol een bron is van ultrafijn stof: tijdens uren met windrichtingen vanaf Schiphol is er sprake van een toename in de ultrafijn concentraties. De hoogste aantallen deeltjes worden gemeten bij het starten.
- De deeltjesgrootte van Schiphol-gerelateerd ultrafijn stof wordt gedomineerd door deeltjes kleiner dan 60 nm. Bij 'onbelaste' windrichtingen laten de spectra een toename zien in het 100 tot 1000 nm gebied. Dit is te wijten aan de continentale oorsprong van een deel van het aerosol bij deze 'onbelaste' windrichtingen.
- De experimentele opzet (keuze locaties/gevolgde methodiek) voor de uitvoering van de meetcampagne heeft voldaan. Ondanks de relatief geringe duur van de campagne is de bijdrage van vliegtuigemissies aan UFP vastgesteld.
- In de campagne is gebruik gemaakt van verschillende type instrumenten (wetenschappelijk en 'handhelds'). Daardoor was een voorafgaande vergelijkingsmeting noodzakelijk voor het verkrijgen van correctiealgoritmes. In een vervolgtraject verdient het aanbeveling een dergelijke meting over een langere periode uit te voeren zodat
  - vergeleken kan worden bij wisselende meteorologische omstandigheden, en
  - het effect van kleine technische aanpassingen aan individuele instrumenten mee genomen kan worden in de vergelijkingsmeting.

ECN

Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 ZG Petten

T 088 515 4949
F 088 515 8338
info@ecn.nl
www.ecn.nl

